Universale

Paolo Legrenzi

Prima lezione di scienze cognitive

Editori Laterza

VISIT…

Paolo Legrenzi – Prima lezione di scienze cognitive

Capire e simulare un qualsiasi sistema, naturale o artificiale, in grado di ricevere informazioni, di interpretarle, rielaborarle e comunicarle così da rendere possibile la decisione e l'azione. Questo lo scopo delle scienze cognitive, una delle avventure intellettuali e scientifiche più interessanti e rivoluzionarie del XX secolo.

Paolo Legrenzi (Venezia 1942) insegna Psicologia cognitiva presso l'Istituto Universitario di Architettura di Venezia. Per i nostri tipi è autore di *Come funziona la mente* (2001^4) e di *Psicologia cognitiva applicata* (2001).

In copertina: Foto di Ted Horowitz-The Stock Market/SIE

VOLUMI PUBBLICATI

Psicologia

di Giovanni Jervis

Storia greca

di Luciano Canfora

Antropologia

di Francesco Remotti

Urbanistica

di Bernardo Secchi

Stilistica

di Pier Vincenzo Mengaìdo

Biologia

di Edoardo Boncinelli

PRIME LEZIONI

Paolo Legrenzi

Prima lezione di scienze cognitive

Editori Laterza

© 2002, Gius. Laterza & Figli

Prima edizione 2002

L'Editore è a disposizione di tutti gli eventuali proprietari di diritti sulle immagini riprodotte, nel caso non si fosse riusciti a reperirli per chiedere la debita autorizzazione.

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la fotocopia, anche ad uso interno o didattico.

Per la legge italiana la fotocopia è lecita solo per uso personale *purché non danneggi l'autore.* Quindi ogni fotocopia che eviti l'acquisto di un libro è illecita e minaccia la sopravvivenza di un modo di trasmettere la conoscenza. Chi fotocopia un libro, chi mette a disposizione i mezzi per fotocopiare, chi comunque favorisce questa pratica commette un furto e opera ai danni della cultura.

Proprietà letteraria riservata Gius. Laterza e Figli Spa, Roma-Bari

Finito di stampare nel marzo 2002 Poligrafico Dehoniano -Stabilimento di Bari per conto della Gius. Laterza & Figli Spa

CL 20-6574-6 ISBN 88-420-6574-9

* *

Creare un ebook da un libro fisico non è un'operazione immediata. Il modo migliore per ringraziarmi del tempo che ci ho

speso è farne uno a tua volta, e renderlo pubblico su forum, servizi di file hosting, e torrent (suggerisco Monova.org). Ecco come fare, in sintesi:

1) Copia del libro, senza sottolineature 2) Programma OCR (Abby Fine Reader, magari portable) 3) Scannerizza tenendo ben premuto, 250-300 dpi 4) Passa le immagini in AFR 5) Correggi gli errori 6) Salva in doc/html e sistema indice, impaginazione, note, immagini, ecc 7) Share with the world :)

***

Premessa

Le scienze cognitive hanno come oggetto di studio la cognizione, e cioè la capacità di un qualsiasi sistema, naturale o artificiale, di conoscere e di comunicare a se stesso e agli altri ciò che conosce. La natura di questa capacità è stata, in vari modi, investigata da filosofi, psicologi, informatici, linguisti, antropologi e biologi. Queste discipline hanno una loro storia consolidata e metodi di studio collaudati. Le scienze cognitive non sono una semplice somma di questi saperi, bensì la confluenza su alcuni problemi particolari, che costituiranno i vari capitoli di questa «prima lezione».

Talvolta, per accentuare questa confluenza e unitarietà di intenti si parla di una singola «scienza cognitiva». Con il termine singolare si fa riferimento a un ambito di ricerca più ristretto e specifico rispetto a quello delle scienze cognitive. L'obiettivo della scienza cognitiva, al singolare, è quello di cercare di capire come funziona un qualsiasi sistema, naturale o artificiale, che sia in grado di filtrare e ricevere informazioni dall'ambiente circostante (percezione e selezione delle informazioni), di rielaborarle creandone di nuove (pensiero), di archiviarle e cancellarle (ricordo e oblio), di comunicarle ad altri sistemi naturali o artificiali e, infine, di prendere decisioni e di agire nel mondo adattandosi ai suoi cambiamenti (decisione e azione) e adattando il mondo a se stesso grazie alla creazione di artefatti. Questo obiettivo è simile a quello della psicologia cognitiva, ma quest'ultima si occupa esclusivamente degli esseri naturali: l'uomo e gli animali. L'orizzonte delle scienze cognitive è invece assai più ampio. Oltre alla psicologia, alla linguistica, alle neuroscienze (cioè lo studio delle basi neurofisiologiche dei processi cognitivi) e all'intelligenza computazionale (cioè l'intelligenza riprodotta in sistemi artificiali), si vanno a esplorare territori di confine con la filosofia, l'antropologia, la genetica, l'etologia (lo studio del comportamento animale), l'economia (teoria dei giochi, cfr. cap. Vili), l'arte e, più in generale, la creazione di artefatti. In questa prospettiva allargata, le scienze cognitive diventano il campo di studio di tutto ciò che ha a che fare con le capacità creative dell' uomo e con gli artefatti da lui creati. Ciò che definisce le scienze cognitive è proprio un approccio integrato. Non sempre tale approccio è agevole. Come vedremo, un grande ostacolo metodologico è costituito dal fatto che molti di questi saperi sono impliciti, taciti e producono artefatti di cui non è facile rintracciare il progetto.

Come mai tradizioni di studio e di analisi dalle origini tanto diverse sono confluite fino a formare un territorio di ricerca vario, privo di netti confini interni? Va subito precisato che vi sono alcune questioni, nate in ambiti disciplinari lontani, a cui ancora oggi si può e si deve rispondere con metodologie diverse. Consideriamo, ad esempio, il cervello: non basta avere modelli dettagliati di quel che produce (questo è il compito tradizionale della psicologia). Non basta studiare con le tecniche - oggi disponibili - di mappatura cerebrale le conseguenze di lesioni cerebrali specifiche o il cervello mentre lavora (compito delle neuroscienze). Non basta elaborarne modelli astratti o riprodurne le funzioni in sistemi artificiali (informatica e scienze computazionali). I metodi sono diversi, ma le scienze cognitive nascono quando si cominciano a confrontare i risultati di tutti e tre questi filoni di ricerca. Essi sono imparentati, non foss'altro perché il punto di partenza è il medesimo: la comprensione del funzionamento del cervello e della sua capacità di produrre la mente.

Come vedremo, i confini interni ed esterni di questi territori non sono «pacifici» e sono stati più volte messi in discussione. Ad esempio, Diego Marconi, autore del bel saggio *Filosofia e scienza cognitiva* (al singolare, altrimenti la filosofia avrebbe fatto parte delle scienze cognitive al plurale!), si è domandato: «la filosofia, quando comincia ad essere una scienza cognitiva: quando si occupa della mente? o solo quando se ne occupa in collaborazione con le altre "scienze cognitive", utilizzando i loro risultati?».

Questa domanda può venire riproposta per altre discipline come la logica, la linguistica, la psicologia e così via. Ognuno di questi saperi è scienza cognitiva quando si occupa della mente. Ma quando se ne occupano insieme, collaborando, integrandosi a vicenda, emerge il più vasto territorio delle scienze cognitive. Questo può venire esplorato passando in rassegna, una dopo l'altra, le varie scienze cognitive. Oggi, ad esempio, è disponibile una ponderosa *Enciclopedia di scienze cognitive* ad opera del MIT, cioè l'Istituto di tecnologia del Massachusetts. Il MIT è stato una culla per le scienze cognitive, perché a Boston lavorano o hanno lavorato importanti studiosi, come il linguista Noam Chomsky e lo psicologo George Miller. Questa enciclopedia ha adottato una strategia espositiva «mista». Prima vengono illustrate, una dopo l'altra, le diverse scienze cognitive sopra elencate e poi si procede, in 471 voci, a descrivere i campi di studio e le problematiche che definiscono il territorio comune. Cercherò qui di adottare una strategia intermedia tra le due, dedicando ciascuno degli otto capitoli all'esposizione di alcuni nodi teorici «trasversali» ai vari saperi.

In una Premessa dovrei forse dire come mai le scienze cognitive sono nate soltanto non più di trentanni fa, mentre le discipline confluite avevano almeno un secolo di vita. I motivi, credo, sono diversi.

Nella prima metà del secolo scorso, la psicologia era dominata da orientamenti (comportamentismo e psicoanalisi, di cui parleremo più avanti) estranei agli sviluppi della biologia, della genetica e delle neuroscienze. A loro volta, le diverse scienze umane - sociologia, economia, psicologia e così via - erano orgogliose di aver raggiunto una loro dignità e autonomia. Anch'esse, come la psicologia, erano più inclini a una crescita interna che non a un confronto reciproco sia dei metodi che degli oggetti di studio comuni.

Questa orgogliosa separatezza costituiva anche una difesa rispetto a un clima culturale restio ad accettare fino alle ultime conseguenze la perdita del primato della nostra specie, innescato dalle tesi di Darwin e dagli sviluppi della biologia. Si pensi, ad esempio, a cosa leggiamo nella voce *Psicologia* dell'*Enciclopedia Italiana,* pubblicata nel 1935: «la psicologia acquista il suo più autentico significato solo se è psicologia filosofica, cioè riflessione sull'anima, quindi scienza dello spirito soggettivo che cerca la propria verità nel rapporto con il *logos*».

Questo era il punto di vista dell'idealismo, e si applicava a tutte le scienze umane, considerate una sorta di pseudo-scienze. Le cose non andavano meglio sull'altro fronte, ovvero nelle varie scuole marxiste, che in modi diversi consideravano l'individuo come una costruzione sociale, un prodotto della storia (cfr. la citazione di Lukàcs nelle Conclusioni, *infra*, p. 154). Alla caduta dell'idealismo, nella seconda metà del secolo scorso, il loro dominio parve a molti incontrastato.

Così come la psicologia sperimentale aveva dovuto attendere l'attenuarsi delle preclusioni metafisiche e spiritualiste, le scienze cognitive si sono affermate con il tramonto dello storicismo e del relativismo culturale, dell'idea cioè che i fenomeni culturali potessero venire studiati di per sé, in quanto *la loro interpretazione poteva prescindere dalla comprensione di chi li aveva prodotti*. Quanto più questi orientamenti storicisti erano forti, come in Italia e in altri paesi mediterranei (a differenza di quelli anglosassoni), tanto più si è dovuto attendere per l'affermarsi di un approccio integrato quale è quello delle scienze cognitive, caratterizzate da un punto di partenza comune: l'uomo e i suoi artefatti sono l'esito di una storia naturale, l'esito cioè di un processo evolutivo governato dai meccanismi intuiti dal genio di Darwin.

Spesso si sottolinea come questo punto di partenza comune sia stato individuato grazie alla creazione di artefatti che replicano capacità cognitive, ad esempio il computer. Ma non è chiaro *chi* ha causato *cosa*. E l'avvento del computer, e dell'artificiale, che ha reso possibili le scienze cognitive, o sono queste ad aver creato le premesse per gli artefatti tecnologici? Come vedremo, la risposta a questa domanda è tutt'altro che semplice.

Prima lezione di scienze cognitive

I - La nascita delle scienze cognitive

1. Un'idea di razionalità

Sono passati più di trentanni da quando sono andato a Londra per imparare quello che, allora, costituiva uno dei nuclei delle future scienze cognitive, e cioè lo studio empirico della cognizione umana. Un campo di ricerche nuovo o, per meglio dire, che rinasceva su basi nuove, dato che - come abbiamo già accennato - le discipline che stavano confluendo avevano tutte almeno un secolo di vita (le più giovani erano l'antropologia, la psicologia, le neuroscienze e le scienze dell'informazione; le più tradizionali la logica e la filosofia). Frenesia ed entusiasmo per le nuove prospettive che si aprivano, grazie anche al lavoro pionieristico di Chomsky nel campo della linguistica. Si iniziava allora a dipanare l'ultima grande eredità filosofica della psicologia, e cioè la concezione dei rapporti tra razionalità e coscienza, fino a quel momento affrontata soltanto dalla psicoanalisi. Freud, nel proporre un tentativo di analisi del rapporto tra conscio e inconscio, aveva fatto coincidere l'inconscio con ciò di cui non ci rendiamo conto. Questo assunto, dato da sempre per scontato, si stava sgretolandò alla luce delle nuove scoperte. Anche dei processi cognitivi «quotidiani» (ad esempio, vedere, stare attenti, ricordare, parlare, pensare), quello che affiorava alla nostra consapevolezza non era tutto il processo ma soltanto il suo esito, quasi si trattasse della punta di un iceberg. A fianco dell'inconscio emozionale, ipotizzato da Freud, stava emergendo un inconscio ancora più ramificato, complesso e nascosto, l'inconscio cognitivo. Se l'irrazionale trovava la sua genesi nell'inconscio, avremmo dovuto aspettarci che la vita mentale conscia rispecchiasse gli assunti della razionalità incorporati nei fondamenti di tante venerate discipline, dalla logica fino all'economia. E invece no. Diversi filoni di ricerche empiriche convergevano nell'intaccare sistematicamente l'assunto che la vita mentale che non affiorava alla coscienza fosse riducibile ai meccanismi dell'inconscio freudiano.

Per quanto concerne la razionalità umana, nella prospettiva classica, alla psicologia veniva demandato il compito di spiegare deviazioni temporanee e/o specifiche da parte di determinati individui che, a causa della loro biografia, non funzionavano con l'intelligenza manifestata dalle persone «adattate» agli ambienti in cui vivevano. Non si supponeva allora che tali deviazioni fossero sistematiche, che non concernessero soltanto persone «disadattate» (che si rivelano «diverse» per «quantità» e non per «qualità»). Venivano così intaccati i fondamenti di altre scienze dell'uomo, come la sociologia, l'economia e l'antropologia. A fianco di queste discipline è così nata, alla luce dei risultati di linee di ricerca parallele, una sorta di sistematizzazione dei saperi comuni, e cioè di quello che i non specialisti pensano sul funzionamento del mondo naturale e di quello sociale. Di qui la biologia ingenua, la fisica ingenua, l'economia ingenua, la sociologia ingenua e, ovviamente, la psicologia ingenua. Tutti questi saperi «ingenui» costituiscono dei capitoli, ad esempio, nella già citata *Enciclopedia di scienze cognitive* del MIT In questi saperi ingenui sono depositate delle «invarianti» del pensiero umano, dell'uomo in quanto «specie» naturale. Si tratta, insomma, di vincoli «naturali» e non «culturali». La limitata razionalità umana - che caratterizza questi saperi se li confrontiamo con i canoni delle scienze vere e proprie - viene considerata come il risultato di un processo adattivo. La storia evolutiva della mente di questa specie animale che è l'uomo ha dovuto affrontare e, per così dire, cercare di aggirare i vincoli biologici che limitano la sfera d'azione della mente umana. Le scienze cognitive cercano di capire come funzionano oggi, e come si sono sviluppati, questi vincoli biologici. La natura di questi vincoli è divenuta via via più chiara grazie alle scoperte della biologia, in particolare della genetica, e grazie al confronto con le prestazioni di sistemi artificiali, come i computer, meravigliose protesi della mente umana che di tali vincoli sono prive.

2. *Un idea di uomo*

Una trasformazione profonda, rispetto a trent'anni fa, è rintracciabile nel modello di uomo che emerge oggi dagli sviluppi delle scienze cognitive. Allora ero un giovane assistente presso la Facoltà di Sociologia di Trento, uno dei teatri del «mitico» Sessantotto. Era opinione corrente che gli aspetti più rilevanti di un individuo fossero il prodotto di una costruzione sociale, cioè della sua biografia personale plasmata dagli ambienti in cui era stato allevato. C'erano ovviamente alcuni campi di studio particolari, come ad esempio la percezione visi- ' va, dove quasi nessuno tirava in ballo una sorta di influenza dell'ambiente storico e culturale sul funzionamento dei processi che danno luogo alla visione (anche , se alcuni antropologi si erano spinti a ipotizzare che i linguaggi in uso presso culture assai diverse costringessero a vedere diversamente il mondo: ipotesi rivelatesi prive di fondamento in seguito a controlli empirici accurati).

L'orizzonte in cui si erano mossi i miei maestri, nel Nord-Est del nostro paese, sfuggiva miracolosamente , allo spirito del tempo. Ma si trattava di piccole isole. I più importanti capitoli che oggi vanno a formare le scienze cognitive venivano allora, dai più, considerati come il punto di arrivo non di una storia naturale dell'uomo, bensì di una storia culturale che traeva alimento, per il suo svolgersi, da vincoli sociali. Come ha scritto il filosofo Diego Marconi in *Filosofia e scienza cognitiva,* parlando del clima culturale alla fine degli anni Sessanta e, più in generale, dell'immagine dell'uomo prevalente in buona parte della seconda metà del XX secolo:

> In questa immagine, l'uomo è essenzialmente un produttore di rappresentazioni: uno che sogna e racconta i suoi so- ' gni, scrive storie e romanzi, elabora ideologie e aderisce ad esse, ha aspettative economiche, progetta edifici e oggetti d'uso, inventa immagini e slogan pubblicitari, parla di sé e degli altri, racconta barzellette, prega. Luomo di Hans-Georg Gadamer e di Roland Barthes, di Claude Lévi-Strauss e di Umberto Eco, di Jacques Le Goff e di Pierre Bourdieu sembra avere un corpo solo per averne un'immagine, sembra appartenere a una specie animale solo per poterne trasmutare la realtà biologica nei più variegati miti etnici.

Questa idea d'uomo è generata da un «pregiudizio» , così descritto dallo psicologo Giovanni Jervis nelle sue *Prime lezioni di psicologia:*

> Il punto di partenza di chi aderisce a questo orientamen-i to è dato dal principio - sul quale è difficile dissentire - secondo cui nessun evento sociale «parla di per sé». Infatti, ogni evento sociale a cui assistiamo (come un incontro tra due persone per la strada o una guerra tra popoli) ci dice qualcosa in quanto lo interpretiamo. Questo principio, però, viene - da alcuni esteso e radicalizzato. Si sostiene che non soltanto «gli eventi» ma anche gli «oggetti» (come il sole, la luna, le molecole o i corpi biologici) non ci parlano affatto «di per sé» ma ci dicono qualcosa dal momento in cui, più o meno convenzionalmente, noi «li facciamo parlare», cioè diamo loro un senso con le nostre parole [...] Si viene così a negare che, per esempio, esistano in natura le leggi dette comunemente della natura: queste leggi esisterebbero solo nella nostra testa, o addirittura solo nei nostri discorsi.

Le scienze cognitive partono invece proprio dal corpo dell'uomo, considerato come un evento naturale, il risultato cioè della storia evolutiva di una specie animale, e incorporano così le scoperte della biologia e delle neuroscienze. Quelle che per solito vengono chiamate «facoltà mentali» sono, come vedremo meglio più avanti, null'altro se non un diverso livello di spiegazione delle attività del cervello. Lo studio delle neuroscienze e della storia delle specie animali ci mostra la genesi dei vincoli di cui abbiamo parlato sopra. In conclusione, la mente umana altra sarebbe se altra fosse stata l'evoluzione della specie. L'evoluzione della cultura, le tracce di centinaia d'anni di storia, li ritroviamo nella struttura delle credenze delle persone, ma non nel funzionamento dei «magazzini mentali» in cui tali credenze vengono depositate. Con le parole di Diego Marconi: «le differenze culturali "che ci fanno tanto feroci" sono increspature di un'identità comune».

Nel 1974 Foucault incontra Chomsky. Quando quest'ultimo osserva che «la natura dell'intelligenza umana non è certamente mutata in modo sostanziale [...] dall'uomo di Cro-Magnon», Foucault ribatte: «che queste regolarità siano connesse alla mente umana o alla sua natura è difficile accettarlo dal mio punto di vista: mi sembra che sia necessario situarle nel campo di altre pratiche umane, quali l'economia, la tecnologia, la politica, la sociologia». Ovviamente Foucault non negava che il corpo dell'uomo vincolasse la sua mente. Non era certo uno spiritualista o un idealista. Ma riteneva che il grado di libertà lasciato alle influenze culturali e sociali fosse molto ampio. Questa fiducia nella modificabilità dell'uomo, con i tempi della storia (e non della biologia), ha caratterizzato quasi tutto il secolo scorso, fino a quando non sono nate le scienze cognitive (tradizionalmente, ma è pura cronaca, la data di nascita viene fatta coincidere con una conferenza tenuta a La Jolla, in California, nel 1978). In realtà, più che di una nascita, si è trattato di una convergenza da parte di studiosi provenienti da più discipline verso un complesso di problematiche che richiedevano, e continuano a richiedere oggi, un approccio interdisciplinare.

L'affermarsi progressivo delle scienze cognitive - più che le loro applicazioni tecnologiche, che hanno già cambiato la vita quotidiana - avrà probabilmente un forte impatto sulla mentalità comune proprio perché -come ben ha spiegato lo stesso Diego Marconi - la maggioranza delle persone colte, all'inizio del nuovo secolo, sembra ancora incline a pensare come Foucault. In questa prospettiva, non è affatto stupefacente che si possano far proprie disinvoltamente le ricadute tecnologiche delle scienze cognitive prescindendo dai presupposti che le hanno rese possibili. Solo gli studiosi costituiscono una categoria di persone che desidera essere coerente, come è testimoniato dal fatto che non più del 2 per cento dei ricercatori di biologia professa negli Stati Uniti un credo religioso (secondo quanto pubblicato da «Nature» il 23 settembre 1998). Danilo Mai-nardi, in un saggio avvincente sulle funzioni dell'irrazionalità, ricorda questo dato ma poi mostra come in alcune condizioni sia addirittura adattivo «creare» una divinità rendendola indipendente da noi, in modo che la

sua creazione sia più efficace (nelle Conclusioni torneremo su questo punto). Non è quindi sorprendente che la tendenza a dare comunque risposte a domande che vanno al di là della razionalità umana si accompagni all'accettazione delle scienze cognitive. E sufficiente scindere le «applicazioni tecniche» dalle riflessioni sui saperi che hanno creato le condizioni per progettarle e produrle, almeno in quei casi in cui queste non interferiscono con un credo religioso (in Europa tendiamo ad avere interferenze soltanto nelle applicazioni della ricerca al «vivente»: nascita «assistita», fecondazione, eutanasia ecc.).

La scissione tra applicazioni e saperi di base trova la sua controparte, presso alcuni «umanisti», in una sorta di relativismo culturale tale per cui la descrizione dei fenomeni naturali è, a sua volta, conseguenza di scelte culturali. Questi studiosi si comportano come uno storico della scienza che volesse vedere nelle leggi di Keplero soltanto il risultato del prevalere di certi modelli epistemologici in un determinato contesto economico, sociologico ecc., e rifiutasse di vedervi la descrizione di come i pianeti si muovono (e già si muovevano milioni di anni prima di Keplero). Ora, è vero che se non fosse stato inventato il computer, le tecnologie che permettono le neuroscienze, le tecnologie dell'elaborazione delle informazioni e della loro comunicazione in rete non avremmo oggi nemmeno le scienze cognitive. Eppure i risultati tecnologici sono, in linea di principio, indipendenti dalle condizioni - scoperte e invenzioni -che hanno permesso di raggiungerli. Abbiamo infatti a che fare sia con scoperte sul funzionamento del cervello e della mente, sia con invenzioni, cioè con l'introduzione di protesi cognitive - di cui il computer e Internet sono solo esempi - che potenziano le menti individuali, le estendono e le collegano tra loro, superando millenarie barriere spaziali e temporali, sia infine con la valorizzazione di queste tecnologie in economie di mercato. Sono piani di fatto intrecciati, ma concettualmente separabili.

Tutto ciò non significa che gli studiosi delle scienze cognitive ignorino la storia: anche le scienze cognitive pensano che la mente sia il prodotto dei tempi, ma quelli che sono cruciali non sono i tempi di cui parla Foucault (decine e centinaia di anni, i tempi cioè dei mutamenti culturali), bensì i tempi di Darwin (le migliaia e i milioni di anni: è in questa prospettiva che non differiamo dall' uomo di Cro-Magnon).

3. Stupore e natura umana

Un'altra «svolta» che vorrei sottolineare è, a mio avviso, più profonda ma anche più impalpabile. Potrei dire che c'è di nuovo il gusto di porre domande che nascono dallo stupore dell'uomo nei confronti del mondo. Se il mondo viene concepito nella sua interezza come un prodotto culturale, frutto delle interpretazioni linguistiche più diverse, non c'è più spazio per la scoperta autentica, come quella fatta da Keplero, e quindi per la sorpresa. Il compito dello studioso dei fatti umani si riduce a una sorta di «decostruzione sociale», cioè di smontaggio delle componenti culturali che fanno di noi quello che siamo. Il presupposto è che il mondo è tutto da noi «interpretato» e che quindi la meraviglia debba restare confinata all'eventuale arditezza di una nuova interpretazione.

Lo stupore autentico, nel corso della prima metà del XX secolo, sembrava ormai territorio delle arti o, meglio, delle nuove forme d'arte. La scienza non aveva più il dono di stupirci. La sua efficienza nel trasformare la natura nei modi voluti dall'uomo (o da alcuni uomini) veniva data per scontata. Inoltre, le ideologie sembravano offrire la possibilità di trasformare radicalmente anche l'uomo. Non solo gli scienziati, di cui è facile capire l'ingenuo entusiasmo (e anche l'acritica accettazione delle ideologie), ma anche gli artisti e i letterati erano inclini a pensare che la meccanizzazione e la tecnologia industriale avrebbero potuto innescare la creazione di società nuove. Questa fiducia attraversava ideologie e nazioni: in Unione Sovietica si intrecciava con il programma di costruzione della società e dell'uomo socialista, nelle socialdemocrazie europee con l'ottimismo pedagogico del Bauhaus che sognava la «cattedrale del socialismo» grazie alla liberazione ugualitaria innescata dalla tecnologia, negli Stati Uniti con l'utopia della costruzione di cittadini «americani» grazie alla plasmabilità garantita dal comportamentismo. Questa scuola psicologica, erede del lavoro del russo Pavlov, scopritore dei meccanismi di condizionamento, riteneva che la dotazione innata di ciascun neonato fosse irrilevante. Oggi le scoperte della genetica hanno sconvolto questi sogni che, peraltro, erano già falliti per loro conto nella seconda metà del secolo scorso in quanto sottoprodotti di ideologie.

Torna così quello «stupore per la natura umana» che va studiata e scoperta, rispettata e non trasformata. Questo stupore è stato ben descritto dal pensatore che nella prima metà del Seicento intravide per primo i nodi che ritroviamo, in forma nuova, nel dibattito fondativo delle scienze cognitive: René Descartes. Egli ci

racconta, nella prima delle *Meditazioni sulla prima filosofia:*

> Sono qui, seduto presso il fuoco, in vestaglia, con questa carta tra le mani, e altre cose di questa natura. E come potrei negare che questo corpo e queste mani siano miei? [...] Tuttavia devo considerare che sono un uomo, e di conseguenza ho l'abitudine di dormire, e di rappresentarmi nei miei sogni le stesse cose [...]. Quante volte mi è capitato di sognare che la notte ero qui, che ero vestito, che ero presso il fuoco, benché fossi nudo nel mio letto! [...] Vedo così manifestamente che non ci sono indici concludenti, né contrassegni così certi, per cui si possa distinguere nettamente tra la veglia ed il sonno, che ne sono stupefatto; e il mio stupore è tale, che è quasi capace di persuadermi che dormo.

Che cosa succederebbe se quella che mi sembra la veglia fosse in realtà un sogno? Che cosa mi capita, nel corso della mia vita conscia, che è generato da meccanismi inconsci, fuori dal mio controllo deliberato? Che cosa succederebbe se, come nei film di fantascienza, quello che fa l'uomo fosse reduplicato in sistemi artificiali come i computer e i robot? Dove è il confine tra i sistemi artificiali e gli animali, e quel particolare animale che è l'uomo? Che cosa sarebbe successo se i nostri lontani antenati, migliaia di anni fa, avessero dovuto adattarsi ad ambienti diversi?

Questi sono tutti «se» che ci fanno immaginare mondi stupefacenti in cui la nostra realtà quotidiana viene risucchiata e si trasforma in uno di tanti mondi possibili, sicché quello in cui viviamo tutti i giorni diventa un accidente particolare che un destino, da noi non controllato, ha voluto realizzare. Così come la sorte determina le nostre vite, il caso ha forgiato la storia della specie. Quello stupore che nasce dalla presa di coscienza del contingente, del casuale, e che è all'origine di quei «se», è stato in parte restituito dalle scienze cognitive alla riflessione dell'uomo su se stesso. Questo stesso stupore è quello che ritroviamo nelle arti contemporanee, che non creano tanto opere quanto eventi stupefacenti e tendono così a saldarsi al nuovo spirito dei tempi.

Per lunga parte del secolo scorso si era sperato che se noi avessimo programmato in modo adatto la società, se avessimo impostato in modo rigoroso l'allevamento dei neonati e l'educazione dei bambini, se avessimo incanalato i rapporti tra gli adulti, insomma se avessimo plasmato gli ambienti di vita, le azioni degli uomini sarebbero state prevedibili sulla base di vincoli posti dagli stessi uomini. Questi assunti fanno sparire lo stupore di Descartes o, meglio, lo traducono in progetti «razionali» che investono la storia, la politica e la cultura. Il primato dell'uomo, e della sua razionalità, è totale.

Il contributo dei lavori degli ultimi trentanni, soprattutto da parte delle scienze cognitive, è consistito nello smontare via via questo assunto, mostrando che il raggio d'azione dei vincoli immodificabili da interventi esterni era ben più ampio di quanto non si fosse ritenuto in precedenza. L'uomo può così di nuovo scoprire se stesso, stupirsi di essere una tra le molte possibilità di vita immaginabili e rispettare con umiltà l'esito di una storia naturale «incredibile».

4. Naturale e artificiale

Il cambiamento di prospettiva nei confronti della plasmabilità degli individui non è l'esito di un'operazione di smantellamento sistematica e programmata. Forse soltanto le critiche di Chomsky alle concezioni precedenti relative all'apprendimento linguistico hanno preso questa forma. In molti altri ambiti di ricerca si è trattato di un processo graduale di costruzione di saperi e di convergenze su tematiche comuni da parte di discipline molto diverse. È stato questo confluire, innescato dalla condivisione delle nuove tecnologie, che ha creato le condizioni per la nascita delle scienze cognitive. Il plurale è d'obbligo. Si tratta di scienze ancora diverse, soprattutto per metodi, ma il campo di interesse è unitario. Esso è individuabile nel funzionamento di un sistema cognitivo, artificiale e/o naturale, e cioè di sistemi in grado di riprodurre molte operazioni che comunemente indichiamo con i termini percepire, ragionare, memorizzare, immaginare e così via.

Non ci si limita all'esame dei sistemi naturali degli animali, tra cui l'uomo, prodotti dall'evoluzione delle specie. Questi vengono analizzati nel contesto più ampio dei sistemi artificiali, come quelli di un computer o di un robot o di sistemi soltanto «progettati», privi quindi di contropartite biologiche o fisiche. Questo è il nucleo delle scienze cognitive.

Ritorna così lo stupore di Descartes. Le curiosità e i «se» non possono venire dissolti nella storia culturale delle società umane. Ad essi deve accompagnarsi una visione radicalmente «naturale» dell'uomo, frutto del progressivo affermarsi di una prospettiva biologica in campi sempre più lontani da quello originario, in cui era

stata introdotta dal lavoro rivoluzionario di Darwin. Lo sviluppo della genetica e delle neuroscienze ha dato luogo a ulteriori spinte in questa direzione.

L'uscita dell'uomo dalla storia per venire restituito alla «natura» ha ben poco a che fare con il precedente tentativo costituito dal positivismo ottocentesco. Alla fine dell'Ottocento l'enfasi era sull'esperimento e sulle scienze fisiche, insomma sulle tecnologie delle macchine. Alla fine del Novecento l'enfasi è sulla biologia, sulla simulazione del vivente, ottenuta con le tecniche della virtualità. Dalla tecnologia delle macchine si è passati alla costruzione di immagini immateriali e di modelli delle funzioni cognitive. Nel contempo, i progressi delle neuroscienze ci dicono quali di questi modelli l'uomo ha fatto propri con la sua storia biologica. L'uomo diventa quindi un «caso storico» all'interno di tante potenzialità simulabili, di cui solo una, la «nostra», si è realizzata in corpi che sono il risultato della storia naturale dell'evoluzione.

Questo rovesciamento di posizioni, verso la natura a partire dalla cultura, non significa che lo scienziato cognitivo si interessi soltanto al funzionamento dei sistemi che sono il risultato dell'evoluzione naturale.

Se noi guardiamo il mondo che ci circonda, possiamo operare una prima grande distinzione tra eventi naturali, frutto di selezioni naturali, e artefatti, oggetti cioè che incorporano scopi umani, che sono il frutto di progetti consapevoli e che, una volta realizzati, vengono sottoposti al vaglio di selezioni artificiali (e non naturali). Ovviamente ci sono territori di confine, come gli organismi geneticamente modificati (OGM) che, per l'appunto, evocano turbamenti al senso comune, dato che sfuggono a questa bipartizione consolidata nella nostra cultura.

L'uomo è il prodotto della storia naturale che ha occupato milioni di anni: la vita è comparsa sulla Terra circa quattro miliardi di anni fa, ma bastano 364.000 generazioni per produrre un occhio di pesce dotato di cristallino. Rispetto a questi tempi biblici, gli artefatti che costituiscono il mondo in cui siamo immersi hanno una storia molto più breve. Solo pochi reperti, per lo più opere d'arte, sono sopravvissuti a testimonianza di civiltà lontane. La maggioranza degli artefatti ereditati dalle generazioni umane precedenti è il risultato della rivoluzione industriale. Se prescindiamo da città e paesaggi, nelle nostre case troviamo per lo più oggetti prodotti in serie, diffusi quindi in moltissimi esemplari identici. Per un curioso contrasto, mai gli uomini sono stati circondati da così tanti oggetti ed eventi che sono stati costruiti *da loro* e, mai prima d'ora, gli uomini si erano resi conto che la loro storia è il prodotto di vincoli naturali *al di fuori del loro controllo*. Sopravvalutare la cultura, il mondo come «interpretato» e non come «dato» o «imposto», esprime forse l'ultima speranza dell'uomo di essere al centro dell'universo, da cui è stato via via sempre più allontanato dal progressivo sviluppo della scienza, culminato nella ferita al nostro orgoglio inferta da Darwin (a cui, infatti, abbiamo resistito strenuamente per più di un secolo, cedendo le armi solo quando la genetica moderna ha portato a compimento le sue intuizioni).

5. Progettare artefatti

Degli artefatti che ci circondano possiamo, in linea di principio, analizzare tutte le fasi di progettazione e costruzione (due fasi incorporate nel termine inglese *engineering,* intraducibile in italiano), in quanto sono stati concepiti e realizzati da uomini che hanno lasciato testimonianze piùo meno esplicite di tutte le fasi del processo: dalle tappe virtuali (concezione, ideazione e progettazione) fino a quelle materiali (assemblaggio di pezzi e costruzione vera e propria). Non è invece disponibile il progetto con cui è stato costruito l'uomo: sia che riteniamo il progetto di origine divina sia che lo consideriamo «implicito», cioè frutto di una storia naturale (una storia darwiniana e quindi segnata dal caso).

Consideriamo, ad esempio, i meccanismi della visione umana. Noi ereditiamo questo sistema perfetto, prima della nascita. Ci resta un solo metodo per cercare di comprendere come funziona la visione. Questo metodo, che è il pilastro delle scienze cognitive, è stato chiamato «progettazione alla rovescia» (in inglese, *reverse engineering,* il concetto di *engineering* comprende sia l'attività di progettazione che quella di costruzione: nella mia dubbia traduzione *in* italiano si perde la fase di costruzione). In che cosa consiste questo metodo? Un episodio recente può darcene un'idea.

All'inizio del 2001, poco dopo che George W. Bush era diventato presidente degli Stati Uniti, un aereo spia americano si è scontrato in cielo con un aereo cinese ed è stato costretto ad atterrare nel territorio di questo

paese. I cinesi hanno rispedito indietro l'equipaggio e hanno cominciato a smontare minuziosamente il gioiello della tecnologia americana. Non disponendo del progetto segretissimo con cui era stato costruito, hanno cercato di inferirlo smontando via via la carrozzeria dell'aereo, le sue componenti funzionali e i meccanismi elettronici. Come Pollicino sa ritrovare il suo cammino grazie ai sassolini lasciati lungo la strada, i cinesi hanno ripercorso un cammino a ritroso, segnato dalle tracce dei costruttori statunitensi, per ritrovare le soluzioni tecnologiche note solo ai progettisti. Due mesi dopo, i cinesi hanno sistemato tutte le parti smontate in tante casse e hanno detto agli americani di venirsele a riprendere.

Lo smontaggio dell'aereo americano è un esempio di *reverse engineering* (complementare alla «progettazione in avanti», *forward engineering,* quella cioè che aveva condotto all'ideazione e alla realizzazione dell'aereo da parte degli americani). Gli scienziati cognitivi applicano sistematicamente questo metodo per capire come funziona l'uomo, il suo corpo, la sua mente e i suoi artefatti. Secondo le parole del direttore del Centro di neuroscienza cognitiva del MIT di Boston, Steven Pinker, è a Darwin che dobbiamo risalire per trovare la prima formulazione del metodo di *reverse engineering*:

> È stato Charles Darwin a introdurre la «progettazione alla rovescia» per capire gli esseri viventi. Egli ha mostrato come «organi di complessità e perfezione estrema, che destano la nostra ammirazione» non derivino dalla provvidenza divina ma dalla evoluzione di replicatori lungo intervalli di tempo grandissimi. Via via che i replicatori si replicano, possono emergere errori nelle operazioni di copiatura e, per puro caso, può capitare che alcuni di questi errori finiscano per migliorare la sopravvivenza ed a tasso di replicazione: sono questi errori che così si accumulano per più generazioni [...] Darwin ha insistito sul fatto che la sua teoria non avrebbe spiegato soltanto la complessità dei corpi delle specie animali ma anche le loro menti.

Oggi, con l'avvento delle scienze cognitive, la profezia darwiniana giunge al suo compimento. Soltanto negli ultimi trent'anni la rivoluzione cognitiva, che spiega la mente in termini di computazioni, e la rivoluzione della genetica, che ha svelato i meccanismi della replicazione, si sono alleate nell'ambito delle scienze cognitive. Le scienze cognitive cercano di capire *come* sia possibile simulare una mente, tra le molte progettabili in termini virtuali e realizzabili come artefatti (cioè come programmi per un computer). La biologia evoluzionista si incarica di spiegarci *perché* abbiamo proprio quel tipo di mente naturale che ci ritroviamo (con i suoi limiti e i suoi punti di forza). Il fatto è che questo percorso deve essere compiuto all'indietro: dobbiamo ritrovare i segni lasciati dalla storia dell'evoluzione. Per questo motivo, il metodo della progettazione alla rovescia, cui dedicheremo il prossimo capitolo, è l'architrave su cui si reggono tutte le scienze cognitive.

II - Progettazione alla rovescia

1. Problemi mal definiti

Poniamo che decidiate di sommare 1 a 3. Il conto è presto fatto: 4. Questo è il risultato di un'operazione progettata «in avanti» *(forward engineering*). Ma poniamo che una persona venga a dirvi che ha fatto una somma di due numeri interi, non sapete quali, e che il risultato ottenuto è 4. Quali numeri ha sommato? Non si può rispondere a questa domanda: il problema è «mal definito». Quando infatti andate «all'indietro», alla ricerca della soluzione (*reverse engineering*;), ne trovate più d'una. Infatti 4 può essere il risultato di due somme:

2+2

1+3

Se poi prendiamo in considerazione anche l'ordine degli addendi, abbiamo ben tre addizioni possibili di numeri interi che danno 4 come risultato:

2+2

1+3

3 + 1

Posto così il problema, risulta impossibile definire come si sia arrivati al risultato 4. Dobbiamo disporre di altre informazioni per individuare una soluzione univoca.

Le scienze cognitive sono zeppe di problemi mal definiti. Ci è nota la soluzione. Ma quando applichiamo la progettazione alla rovescia scopriamo che più strade avrebbero potuto condurre allo stesso esito. La natura (di cui l'uomo fa parte) mostra il punto di arrivo, ma noi non sappiamo come ci si è arrivati. Sappiamo vedere gli oggetti, usare e capire il linguaggio, memorizzare e dimenticare, ragionare e sragionare, ammirare i paesaggi e le opere d'arte. Ma non sappiamo la genesi di tutto ciò, non sappiamo quali siano i meccanismi che ci rendono capaci di fare tutte queste cose. Possiamo avanzare delle ipotesi, ma poi abbiamo bisogno di aiuti, sotto forma di informazioni affidabili, che permettano di restringere la gamma delle ipotesi immaginabili.

Gli aiuti sono di due tipi: gli esperimenti, in grado di escludere quelle possibilità che, pur essendo teoricamente possibili, non si sono effettivamente verificate, e le simulazioni, che ci permettono di circoscrivere queste possibilità e di costruire dei modelli per descrivere come dovrebbe funzionare la realtà se corrispondesse a quella simulazione. In altre parole, gli esperimenti costituiscono dei modi di interrogare la natura. La natura risponde fornendoci le informazioni che ci permettono di risolvere gli interrogativi posti dalla progettazione alla rovescia.

Torniamo all'esempio della somma. Poniamo di riuscire a scoprire, in qualche modo, che almeno uno dei due numeri che hanno generato la somma è un numero pari. Ecco che il problema si trasforma da mal definito in ben definito: 2+2=4.

Proviamo adesso a chiedere a una persona di fare questa somma:

7 + 1942

e poi di fare quest'altra somma:

1942 + 7

Sono due operazioni identiche? Parrebbe di sì. Sappiamo che l'ordine degli addendi non dovrebbe avere nessuna influenza sul risultato finale. Eppure, se le due somme vengono fatte dalla stessa persona e se misuriamo il tempo impiegato nei due casi, scopriamo che la seconda operazione viene mediamente fatta con tempi più ridotti rispetto alla prima. Anche se non avete un amico e un cronometro a disposizione, fermatevi e provate a fare le due somme mentalmente: vi accorgerete che, nel primo caso, «dovete» invertire gli addendi e che, quindi, l'operazione è meno «diretta». La seconda è un'operazione cognitivamente più semplice e quindi più veloce da eseguire. Per un computer, o anche una semplice calcolatrice meccanica, questa distinzione è priva di senso.

In conclusione, una semplice prova ci mostra che la seguente proprietà aritmetica dell'addizione:

il risultato di una somma non cambia invertendo l'ordine degli addendi

non corrisponde ai nostri modi quotidiani di fare le somme. Curiosamente, la nota proprietà di invarianza che caratterizza le definizioni aritmetiche (e che si materializza nei sistemi artificiali) affiora, anche nella mente umana, *solo se* abbiamo a che fare con numeri piccoli. Lo possiamo dimostrare con un altro semplice esperimento «mentale». Proviamo a sommare prima 2 a 1 e poi 1 a 2. Scopriremo che non c'è nessuna «necessità cognitiva» di riordinare gli addendi. Sommare 2 a 1 è la stessa cosa che sommare 1 a 2. Solo se i numeri sono «grandi», la mente umana «è obbligata» a sommare il numero più piccolo al più grande e a trasformare, quindi, la sequenza «piccolo numero + grande numero» nell'ordine che ci permette di fare agevolmente l'addizione: «grande numero + piccolo numero» (quanto grande deve essere un numero perché la mente lo consideri grande? Quanto piccolo per essere piccolo? E quando siamo obbligati all'inversione? Potrete scoprirlo con un cronometro e un numero adeguato di esperimenti condotti su voi stessi).

La funzione degli esperimenti nelle scienze cognitive è, per l'appunto, quella di scoprire dei vincoli (del tipo: almeno un numero è pari) in grado di trasformare problemi mal definiti in problemi ben definiti, sciogliendo così il rebus insito nella progettazione alla rovescia. Con le simulazioni costruiamo modelli del

funzionamento del mondo, del corpo e della mente. Con gli esperimenti escludiamo quei modelli che si rivelano «falsi», cioè teoricamente immaginabili ma non presenti in natura. In questo senso la scienza non scopre mai verità definitive, ma esclude definitivamente falsità. La scoperta di questa asimmetria allontana dalle scienze cognitive lo spettro dello scientismo, la pretesa cioè di scoprire verità definitive grazie al ricorso al metodo sperimentale. Per questo motivo, il quadro odierno non ha nulla a che fare con l'entusiasmo acritico nei confronti della scienza, della tecnologia e della razionalità umana tipici del positivismo del secolo scorso.

La progettazione alla rovescia non è un metodo richiesto soltanto per capire come funzionano gli organismi prodotti dall'evoluzione delle specie, come il corpo e la mente degli animali (l'uomo, da questo punto di vista, è un animale). Anche nel caso di molti artefatti umani il progetto non è disponibile, o perché nascosto o perché andato perso. Si pensi, ad esempio, alla decrittazione di messaggi scritti in codici segreti o alla decifrazione di lingue morte e sconosciute. In quest'ultimo caso il «progettista» non si è preso cura di raccontarcelo perché allora il codice era a tutti noto e quindi non si poneva la questione della «trasmissibilità».

Un caso molto interessante di progetti «da trovare» è costituito dalle opere d'arte. Se una persona le ritiene incomprensibili o assurde, spesso esprime il suo disagio proprio per il fatto che non riesce nemmeno a intravedere quella «ingegneria alla rovescia» che è sfociata nella costruzione di quell'opera o di quell'evento. Alcuni studiosi, come Manfredo Massironi, sono arrivati ad affermare:

> l'arte è quel sapere in cui le risposte vengono prima e indipendentemente dalle domande: i nostri antenati che disegnarono i bisonti sulla roccia, Picasso che del suo lavoro dice: «io non cerco, trovo!» sono i due esempi emblematici di questa definizione agli estremi di un arco temporale di oltre 30.000 anni.

2. Libertà di interpretare

Proviamo a osservare con attenzione, in figura 1, una xilografia di Jean Arp:

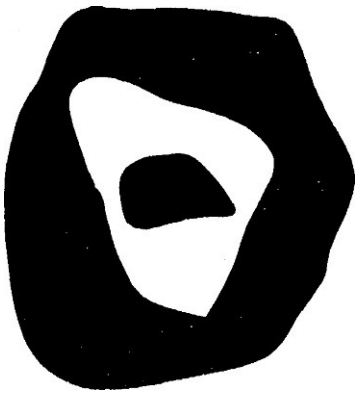


Fig. 1.Jean Arp, da *Undici configurazioni.* Xilografia.

Il celebre psicologo della percezione e critico Rudolf Arnheim mostra nel suo saggio *Arte e percezione visiva* come si possa analizzare l'idea che ha condotto alla realizzazione di questo artefatto visivo. L'obiettivo di Arp è l'espressione grafica del dinamismo provocato dalla indeterminazione spaziale. Che cosa sta sopra e che cosa sta sotto?

Vi sembra che l'anello nero grande abbia un buco al suo interno e che, attraverso questo buco, riusciate a vedere lo sfondo bianco, su cui si colloca la figura centrale, più piccola? Se esaminate con attenzione la figura 1 vi rendete conto che, in realtà, il tutto può essere visto in più modi, schematizzati in figura 2. E, a seconda di come vedete il tutto, cambiano anche le parti.

Il modello visivo a, in figura 2, si riferisce a un'organizzazione percettiva fatta come una torta a più strati: non ce nessun buco, ma solo tre oggetti posti uno sopra l'altro, su uno sfondo bianco, con ogni strato che copre in parte quelli inferiori. Il modello *b* corrisponde alla visione di un anello bianco posto sopra una chiazza nera, il tutto sullo sfondo bianco: il buco appartiene alla figura bianca. Nei modelli *ce d* abbiamo due soluzioni a due piani: o una figura nera attraverso la quale si vede lo sfondo bianco o uno sfondo nero visto attraverso una figura bianca (in questo caso anche la pagina bianca diventa figura). Il modello *e* è l'unico che corrisponde a quella che è la realtà fisica (un foglio bidimensionale con stampata una figura in bianco e nero). Eppure, per un curioso paradosso, il modello che descrive la realtà fisica costituisce anche la soluzione più difficile da ottenere sul piano percettivo. Il che dimostra che il nostro sistema visivo non ci dà delle copie del mondo esterno, ma elabora un'organizzazione gerarchica di oggetti ed eventi. Obbedisce così a una grammatica percettiva, di cui noi non siamo consapevoli, dato che è incapsulata da millenni nella nostra mente e agisce indipendentemente dalla nostra volontà e dalle nostre conoscenze.

Useremo spesso esempi tratti dall'arte o semplici disegni astratti fatti con linee e superfici. Il loro uso è strategico. Da sempre si era ritenuto ovvio che l'interpretazione di un disegno composto da linee, ad esempio un cubo disegnato con soli segmenti su un foglio, fosse il prodotto di convenzioni apprese, in quanto trasmesse

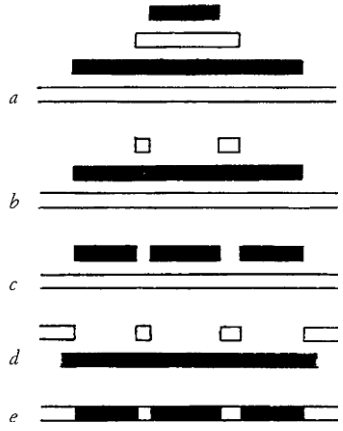


Fig. 2. Struttura dei modelli visivi corrispondenti alle possibili percezioni di figura 1.

dalla cultura: un cubo viene visto come tridimensionale pur sapendo che è disegnato su un foglio bidimensionale (cfr. fig. 2 del prossimo capitolo). Oggi sappiamo che ciò è falso. Recenti ricerche, sofisticate sul piano metodologico, hanno mostrato che bambini appena nati, uomini primitivi e persino scimmie, tutti percepiscono le linee come noi, che siamo persone adulte e di cui si potrebbe sospettare l'azione, più o meno consapevole, dell'esperienza passata e/o di un bagaglio culturale nell'interpretazione delle figure. Anche lo studio delle rappresentazioni pittoriche dell'arte classica ci può dire molto sul funzionamento del cervello se prestiamo attenzione al fatto che queste non funzionano percettivamente come le scene rappresentate: prospettive inaccurate, colori e ombre impossibili, uso delle linee per indicare discontinuità di chiarezza o di profondità. Tutto ciò non ce nel mondo reale. Eppure non incontriamo nessuna difficoltà - se, ad esempio, andiamo a Brera - a «vedere» la scena della *Flagellazione* di Signorili, di cui Patrick Cavanagh ha analizzato minuziosamente gli «errori rappresentazionali».

In conclusione, il mondo viene visto secondo le grammatiche della percezione anche quando queste contrastano con le nostre conoscenze.

I moduli della visione, incapsulati in ben precise basi neurofisiologiche, ci «obbligano» a vedere il mondo indipendentemente dalle nostre conoscenze, così come siamo obbligati a riordinare gli addendi per fare alcuni tipi di somme.

3. Intreccio tra natura e cultura

La tensione tra dato e interpretato, tra capitato e progettato, la possiamo ritrovare in un altro dominio a cavallo tra natura e cultura: il paesaggio. Come ha osservato recentemente Raffaele Milani, in *L'arte del paesaggio:*

> Alcuni possono dire che mentre le opere d'arte sono prodotte dall'uomo, i paesaggi non sono da lui prodotti. Ma ciò comporterebbe la metafora di una natura artifex o di un Deus artifex. I paesaggi, in realtà, in quanto cose belle in senso materiale, cioè cose materiali che possono fare da soggetto a un giudizio estetico, sono produzione umana alla stessa stregua dei quadri, delle statue, ecc.

Questa riflessione, e tutto il saggio di Milani, sono interessanti perché il fatto che la visione di paesaggi, prima ancora che diventino oggetto di opere d'arte, susciti in noi emozioni mostra che sono gli uomini (e non solo la natura) gli artefici del paesaggio. Il confine tra eventi «naturali» e «artefatti» non è netto: esiste un territorio di passaggio dove i due piani si intrecciano. Anche per analizzare gli stati mentali evocati dalla contemplazione di paesaggi dobbiamo impegnarci in una sorta di progettazione alla rovescia.

Sempre in tema di effetti estetici, torniamo a Jean Arp. Voleva forse che noi vedessimo la sua xilografia secondo una sola delle cinque organizzazioni possibili? Probabilmente no. Si aspettava che noi la osservassimo con attenzione e scoprissimo, insieme a lui, il dinamismo che deriva dal passaggio da una struttura percettiva a un'altra. Si tratta insomma di un artefatto che è stato progettato proprio per non avere una soluzione visiva univoca. Il dinamismo ottenuto da Arp richiede attenzione, esplorazione della figura. Altre volte il dinamismo si può ottenere con figure che si impongono con una organizzazione percettiva unica. E può essere un movimento indotto da parti della figura che, interagendo, producono un'impressione complessiva di solidità oppure di morbidezza.

Anche se non riconosceste i marchi disegnati da Francesco Saroglia e da Chermayeff e Geismar, credo che non avreste dubbi nell'attribuire al mondo della lana e al mondo delle banche i due disegni di figura 3.

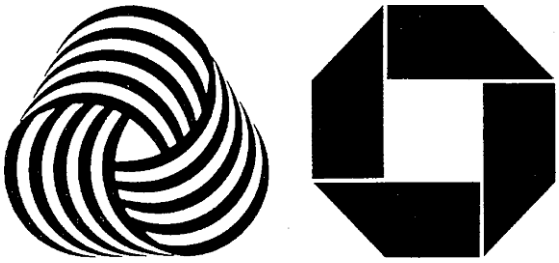


Fig. 3. I marchi dell'International Wool Secretariat e della Chase Manhattan Bank.

4. La decomposizione in parti

Qual è la conseguenza, sul piano del rapporto tutto-parti, delle diverse interpretazioni visive della xilografia di Arp? A seconda della struttura con cui leggiamo l'opera vi ritroviamo un diverso numero di componenti. Nei modelli *a e c* (fig. 2) abbiamo tre componenti, anche se diverse, poste su uno sfondo bianco. Nei modelli *b* e *d* abbiamo quattro componenti su uno sfondo, bianco nel primo caso e nero nel secondo. Se la figura viene vista come piatta *(e),* allora le componenti diventano cinque (ed è infatti la soluzione percettiva più difficile da vedere, anche se è obiettivamente la più «veridica»). Un semplice esercizio, che voi stessi potete fare con una matita, consiste nel modificare la figura in modo da rendere necessaria una sola interpretazione visiva: basta, ad esempio, tratteggiare l'anello bianco interno per evitare che questo si colleghi allo sfondo.

L'esempio della xilografia di Arp ci introduce al tema delle strategie per risolvere i problemi di progettazione alla rovescia. Quando i cinesi hanno smontato l'aereo spia americano non l'hanno fatto a pezzi, ma lo hanno diviso nelle sue parti, come fa una brava cuoca quando deve sezionare, prima di portarli in tavola, un pollo o un coniglio cotti per intero. La cuoca esperta sa come sono fatti gli animali e isola le componenti con pochi colpi di coltello. Se invece di esperti avessimo avuto dei primitivi, ignari di

progettazione, probabilmente l'aereo sarebbe stato fatto a pezzi, e non in parti, soddisfacendo la curiosità ma non la comprensione. Invece i cinesi sapevano prima dove cercare quello che volevano trovare. Per dividere in parti, e non in pezzi, un aereo bisogna avanzare ipotesi sulla progettazione e la costruzione degli aerei. Le ipotesi sensate sulla progettazione «in avanti» guidano i tentativi nel corso della progettazione «all'indietro».

L'esempio dei cinesi, e delle opere d'arte, ci ha permesso di distinguere il ricorso alla progettazione alla rovescia nei casi il cui il progetto è frutto dell'uomo rispetto a quando discende dall'evoluzione naturale, come nel caso della visione. In questi casi, come si è già accennato, le scomposizioni percettive sono «comandate» dai meccanismi della nostra visione. Ancora un semplice esempio: il tutto *a* (triangolo su quadrato), in figura 4, è composto delle due parti (triangolo e quadrato) indicate in c, e non dei tre pezzi in cui si articola b.

Nel caso della figura 4 e della xilografia di Arp, le conoscenze di chi guarda i disegni sono irrilevanti: l'organizzazione percettiva è quella che si sarebbe imposta anche a un nostro antenato, decine di migliaia di anni fa (eravamo già allora dotati del sistema visivo di cui siamo equipaggiati oggi).

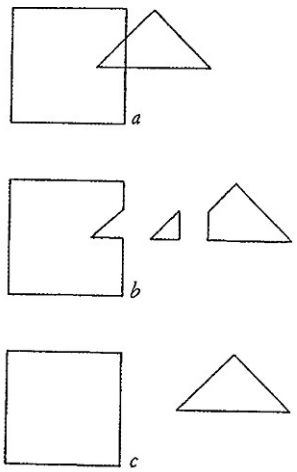


Fig. 4. La figura *a* viene vista come composta delle due parti c e non dei tre pezzi **b.**

Esaminiamo adesso un caso in cui la decomposizione di un disegno, al pari dell'aereo dei cinesi, è guidata dalle ipotesi ricavate dalle conoscenze dell'osservatore. Osserviamo la figura 5.

Che cosa vedete, che cosa «preferite» vedere? Il busto di una ragazza in bikini o un'oliva che cade in un bicchiere? A seconda della lettura immediata del tutto, le sue componenti assumono funzioni diverse: quello che è il confine tra due parti adiacenti (le gambe) può diventare una linea su uno sfondo bianco (il manico a stelo del bicchiere). Anche l'interazione tra le varie parti è diversa a seconda delle due interpretazioni: l'ombe-

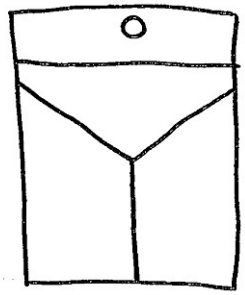


Fig. 5. Busto di ragazza in bikini od oliva che cade in un bicchiere?

lico della ragazza appartiene allo stesso corpo che finisce con le gambe. Se invece di un ombelico (buco) si

tratta di un'oliva (figura), allora abbiamo a che fare con un oggetto indipendente posto sullo sfondo (torneremo a lungo più avanti sul problema dell'articolazione figura-sfondo).

Le due interpretazioni della figura 5 sono guidate da modelli corrispondenti a conoscenze depositate in memoria. Si potrebbe pensare che le proprietà «emozionali» di uno schema visivo rimandino sempre alla grammatica della percezione visiva, quella che ci obbliga a vedere come soffice il marchio della lana e come compatto quello della Chase Manhattan Bank. Ma in realtà può essere la cultura a caricare un marchio di connotati emotivi. Prendiamo il marchio più noto del secolo scorso: la svastica nazista. Secondo la classica analisi di Jay Doblin, per costruire questo marchio l'artista frustrato Hitler aveva scelto la svastica, cioè una croce che con i suoi uncini esprimeva direttamente il dinamismo di un movimento e l'angolarità dell'efficienza prussiana. Il suo colore nero permetteva, inserito in un contesto bianco e rosso, di rievocare l'antica bandiera dell'impero germanico. Senza il nazismo ci si sarebbe fer- i mati qui: fino ad allora l'antico segno indiano e cretese era «libero» da associazioni, se non per pochissimi dotti. Ma chi oggi si limiterebbe a vedere nella svastica un riferimento pagano volto all'esaltazione della razza ariana? Sono state le vicende del secolo scorso a caricare per sempre questo marchio di valenze terribili e tragiche. Ancora una volta natura (meccanismi percettivi) e cultura (terrore) si mescolano. Questo è stato un processo lento a confronto con la rapidità con cui è stata diffusa in poche ore la crudele bellezza delle immagini teletrasmesse dell'attacco terroristico dell'I 1 settembre 2001 alle Torri Gemelle di New York. Esse costituiscono la tragica falsificazione di chi sostiene che tutta la realtà è frutto di un'interpretazione, come sostenne a suo tempo Baudrillard in relazione alla guerra del Golfo. A differenza del «flagello della svastica», la tragedia di New York e testimoniata dall'immediata globalizzazione della sua diffusione. Le tremende e struggenti immagini dell'11 settembre, ripetute in maniera ossessiva, resteranno per sempre impresse nella mente di miliardi di uomini, congelate nel cielo azzurro di New York, sul cui sfondo si stagliano le sagome di aerei che virano, colpiscono ed esplodono dopo essere penetrati nelle torri. La differenza tra la svastica e queste immagini sta tutta negli effetti della costruzione di quella rete mondiale di telecomunicazioni che costituisce uno dei frutti (amari?) dell'applicazione delle scienze cognitive.

In questo capitolo abbiamo illustrato il metodo della progettazione alla rovescia in rapporto a quei problemi mal definiti che sono oggetto di studio della percezione umana: sappiamo come vediamo il mondo ma dobbiamo scoprire i meccanismi che ce lo fanno vedere così. Questa scoperta è resa possibile da una «decomposizione» del prodotto finito. Nel prossimo capitolo approfondiremo questa nozione e la applicheremo alla soluzione di problemi non solo percettivi.

III - Decomposizione e soluzione di problemi

1. Decomposizione dei problemi

Abbiamo visto quanto sia fondamentale, nell'ambito delle scienze cognitive, l'operazione di scomposizione in parti di sistemi complessi, siano essi naturali o artificiali, cioè costruiti dall'uomo. In entrambi i tipi di sistemi, il funzionamento va analizzato per componenti semi-indipendenti, e quindi, a fianco dello studio di ciascuna componente, è cruciale la comprensione della struttura del sistema.

Il corpo umano, ad esempio: esso è composto di proteine. I nostri muscoli, le nostre ghiandole, le fibre muscolari, i tendini, persino la colla che tiene insieme tutte e cellule è costituita da proteine. Le proteine, a loro volta, sono delle macromolecole, cioè delle lunghe catene di atomi. Ciascuna di queste catene consiste in una successione di componenti elementari, detti aminoacidi. Negli esseri viventi ci sono venti tipi diversi di aminoacidi. La natura di una data proteina è specificata e definita dalla sequenza di aminoacidi che la compone Il ruolo del gene che codifica una determinata proteina consiste nello specificare quali sono gli aminoacidi che la compongono e in che ordine sono disposti.

L'avventura scientifica che ha portato alla comprensione del codice genetico è stata una storia affascinante di ingegneria alla rovescia che ci ha mostrato come il nostro corpo sia un sistema gerarchico, organizzato in componenti funzionali, separate ma interdipendenti, che possiamo chiamare «moduli». Sono moduli perché

ognuno è separato e fa le cose che deve fare ma, al contempo, come il soldato di un esercito, è collegato agli altri: il soldato è una componente di una squadra, che fa parte di una compagnia, che fa parte di un reggimento, che fa parte di un battaglione e così via. Così funzionano gli eserciti, le aziende, il corpo umano e la sua mente. Nel caso della mente, chiamiamo moduli quelle componenti che funzionano sempre allo stesso modo, indipendentemente dalle conoscenze acquisite da una persona nel corso della vita. Abbiamo visto, ad esempio, che la grammatica della visione è governata da moduli che possono determinare soluzioni percettive anche in contrasto con le conoscenze.

Il premio Nobel dell'economia Herbert Simon, uno dei pionieri delle scienze cognitive, ha mostrato i vantaggi che derivano da una progettazione basata sulla decomposizione. Solo così si possono ideare e costruire artefatti complessi. Per illustrare i vantaggi della decomposizione, nel saggio *Le scienze dell'artificiale* del 1969, Simon ci racconta la fiaba di due orologiai: Tem-pus e Hora. I due provetti artigiani mettevano insieme migliaia di pezzi e costruivano bellissimi orologi. Avevano però due tecniche di assemblaggio diverse. Tem-pus montava un orologio alla volta, partendo da mille componenti e mettendole insieme una dopo l'altra: quando un cliente telefonava, doveva smettere di lavorare e la composizione, appena staccava le mani, si disfaceva. Se interrotto, Tempus era insomma costretto a ricominciare da capo. Hora, invece, aveva imparato a suddividere la costruzione in più parti. Preparava tante sotto-componenti fatte di dieci pezzi e le bloccava. Poi, con queste sotto-componenti, costruiva delle componenti a loro volta autonome, fatte di cento pezzi. Assemblando queste dieci componenti otteneva alla fine un orologio completo. E così, quando veniva interrotto, non doveva incominciare da zero: perdeva soltanto il lavoro fatto nell'ambito di un «blocco» di attività.

Questa fiaba mostra il vantaggio della progettazione e costruzione per componenti, della divisione del lavoro in una organizzazione, della articolazione di un libro in più capitoli quando lo si pensa e poi lo si scrive, delle procedure di soluzione basate sulla scomposizione di un problema in sotto-problemi. Quanto più piccole sono le componenti, tanto più sono semplici e, quindi, più facili da manipolare mentalmente o materialmente. Però, se suddividiamo un problema in componenti troppo piccole, il vantaggio della maneggevolezza viene superato dallo svantaggio costituito dalla perdita delle interdipendenze tra le varie componenti. Esiste una decomposizione ottimale, sia per la progettazione in avanti sia per la soluzione di problemi «a rovescio».

Un esempio di McClelland, Rumelhart e Hinton - tre grandi scienziati cognitivi cui dobbiamo un classico delle scienze cognitive, la raccolta di saggi del 1986 da cui è tratto questo esempio - può essere illuminante.

Se conoscete un po' l'inglese, leggerete in figura 1 le seguenti parole: *red* (rosso), *spot* (posto), *fish* (pesce) e *debt* (debito). È già interessante il fatto che una perso

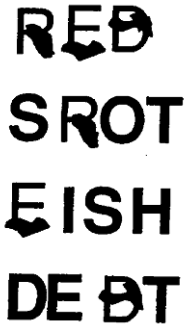


Fig. 1. La parola *red* (rosso), in cima, è facilmente leggibile anche se ciascuna delle lettere che la compongono è ambigua, come è dimostrato dalle tre parole poste sotto *(spot, fish, debt).*

na che non conosca l'inglese non «vedrà» così facilmente queste parole (esercizio: potete ripetere l'esempio «macchiando» delle parole italiane). Provate adesso a confrontare le lettere di *red*, la prima parola, con le stesse lettere nelle parole sottostanti. La prima parola è chiara, anche se tutte le sue lettere sono ambigue. Che le singole lettere siano di per sé ambigue risulta evidente dal confronto con le altre parole: la «R» di *red* diventa la «P» di *spot*. Se poi passate da una singola parola a una singola lettera ambigua (quelle con le macchie sovrapposte), il problema diventa «mal definito». Provate a schermare pezzi della parola con un cartoncino sapientemente tagliato: come si fa a sapere che la prima lettera di *red* è una R se non si legge tutta la parola? E

come si fa a leggere *red* se ogni singola lettera potrebbe esserne un'altra?

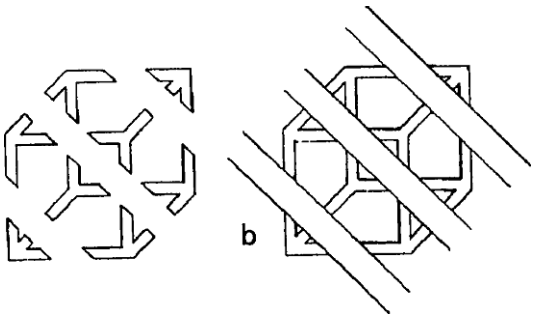


Fig. 2. Passando da 2b a 2a si perde l'unitarietà del cubo posto dietro le tre strisce bianche e si perde anche la tridimen- ! sionalità. ;

Ecco un caso in cui, se decomponete troppo il complesso - se cioè trasformate il problema nei sotto-problemi consistenti nel riconoscere le singole lettere - ottenete un livello di decomposizione in cui vanno perse i le interdipendenze. È grazie a queste interdipendenze e ridondanze che si risolve il problema della lettura. In caso contrario, il problema diventa insolubile. I vincoli tra le componenti riguardano qui il riconoscimento di figure note, in quanto si tratta di lettere maiuscole di un alfabeto che conosciamo. E tuttavia la perdita di una proprietà in seguito a decomposizione si può avere anche con strutture che non coinvolgono forme apprese.

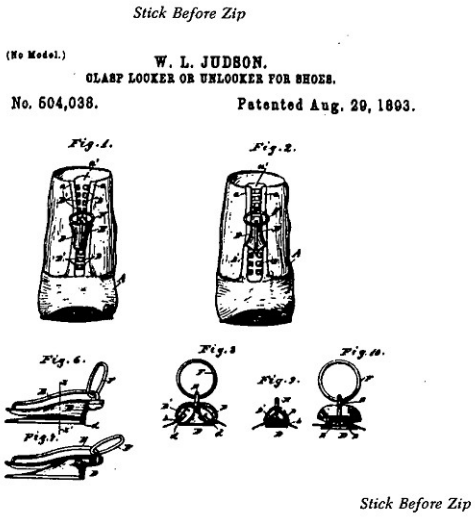
Considerate, ad esempio, la figura 2, di Kanizsa. Se passate da 2b a 2a, se cioè togliete i segmenti diagonali, : perdete improvvisamente la tridimensionalità e il cubo di Necker scompare (il cubo di Necker è una figura ambigua nel senso che la tridimensionalità può essere vista in due direzioni: provate a osservare a lungo 2b).

Morale: oltre un certo livello di decomposizione si I perdono i vincoli che permettono di risolvere un pro-| blema. Come definire il livello di decomposizione otti! male? Non ce una ricetta. Dipende dal tipo di proble-: mi, e cioè dalle interdipendenze tra le varie componenti. Ad esempio, nel campo delle innovazioni tecnologiche, se si scinde l'idea iniziale dal processo di progettazione e da quello successivo di realizzazione, il problema può diventare insolubile. Approfondiremo ora questo punto.

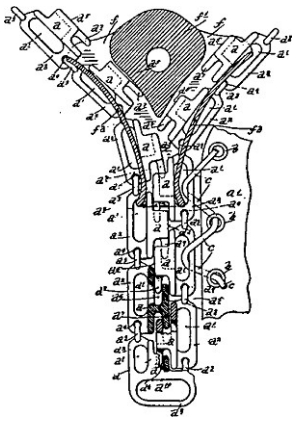
2. *Innovazione tecnologica e scienze cognitive*

Molti anni fa, nei laboratori della 3M, una multinazionale americana, si andava in cerca di formule chimiche per ottenere colle sempre più resistenti ed efficaci. Una buona colla deve tenere insieme due o più pezzi con | molta forza e deve durare nel tempo. Per puro caso, dai laboratori della 3M venne fuori una formula che non sembrava avere proprietà adesive, insomma sembrava una colla mal riuscita. Infatti restava sempre appiccicosa e non si induriva mai. La leggenda vuole che una segretaria, venuta a sapere di questa pseudo-colla, incominciasse ad adoperarla per fissare dei foglietti di appunti su superfici lisce, così che questi potessero fungere da promemoria. Altre segretarie la imitarono, e venne cosi scoperta una nuova funzione per quel tipo di colla «mal riuscita». Ma era «mal riuscita» solo nella prospettiva delle proprietà adesive tradizionali. Uscendo da quei canoni e adottando un nuovo punto di vista ci si poteva accorgere di aver scoperto un nuovo prodotto, il Post-it (così verranno chiamati dalla 3M i foglietti gialli autoadesivi), che assolveva a funzioni a cui, nessuno, fino ad allora, aveva pensato. Parafrasando ; Oscar Wilde: geniale non è colui che trova le risposte j ma colui che sa porre le giuste domande. La segretaria i della 3M aveva addirittura visto una «potenzialità» di | domanda dove nessun altro l'aveva intravista. Per la verità, anche trovare riposte efficaci a domande note non sempre è agevole.

La storia degli sviluppi della tecnologia è ricca di episodi in cui una nuova soluzione emerge dalla incessante ricerca della risposta adeguata a una domanda a tutti nota e che tutti vorrebbero «sciogliere». Consideriamo, ad esempio, il perfezionamento di quelle chiusure automatiche che siamo soliti chiamare «cerniere lampo» o «zip» (l'inglese *zip* è un termine che indica un suono «rapido», come quello di una pallottola che passa nell'aria, e venne trasferito metaforicamente alle cerniere lampo, dette *zippers*, dall'azienda che le commercializzò per prima). Alla fine dell'Ottocento vennero di moda dei calzari alti, faticosi da chiudere e riaprire servendosi di lacci tradizionali. Nel 1893 abbiamo un primo brevetto che anticipa il problema della chiusura lampo: il principio generale è già presente. Si tratta di i unire due lembi congiungendo sequenze di denti grazie a una guida scorrevole in grado di incastrarli e disincastrarli. Su questo principio ci si arrovellò per molti anni. Si sapeva dove si voleva arrivare, ma non si riusciva i a trovare una soluzione efficace. Whitcomb Judson, un ingegnere del Midwest americano, provò con varie soluzioni (cfr. figg. 3 e 4).



Figg. 3 e 4. I primi due brevetti di Whitcomb Judson per risolvere il problema della cerniera lampo.



Gideon Sundback fu la prima persona che riuscì a risolvere sia la progettazione dell'oggetto che la sua prò- ! duzione in serie (cfr. fig. 5). Egli affrontò i due problemi come uno solo e, a partire dall'obiettivo, riuscì prima a brevettare la cerniera (1906), poi la macchina per produrla (1915).

Un ulteriore impulso venne dato dall'adozione delle cerniere negli equipaggiamenti militari della prima guerra mondiale e il successo definitivo fu dovuto alla commercializzazione da parte della ditta Goodrich, il cui presidente, Bertram G. Work, coniò nel 1923 il nome *zipper* (da allora si incominciarono a venderne molti milioni di esemplari ogni anno).

L'introduzione della tecnologia della cerniera lampo è un chiaro esempio di «progettazione alla rovescia»: si **j** sapeva bene dove si voleva arrivare, ma non si sapeva i come arrivarci. Da questo punto di vista può venire confrontata con la *scoperta* «improvvisa» del Post-it. Quest'ultima è stata «riconosciuta» come tale dopo aver infranto i vincoli che definivano tradizionalmente [1] la «colla». Possiamo invece dire che il brevetto di Sundback è un *"invenzione"*.

Il termine «scoperta» allude a qualcosa che già esiste e che viene trovata, come nel caso dell'esplorazione di una terra sconosciuta. Eppure è arduo sostenere che esisteva un mondo platonico delle cerniere lampo, da j esplorare e scoprire, anche se alcuni studiosi hanno so- ! stenuto questo punto di vista nel caso di entità matematiche. Qui il termine scoperta indica la visione «immediata» di una nuova possibilità, fino ad allora sconosciuta, grazie all'adozione di un nuovo punto di vista. Al contrario, il termine «invenzione» - che nel linguaggio comune indica la creazione di qualcosa di nuovo - vie-

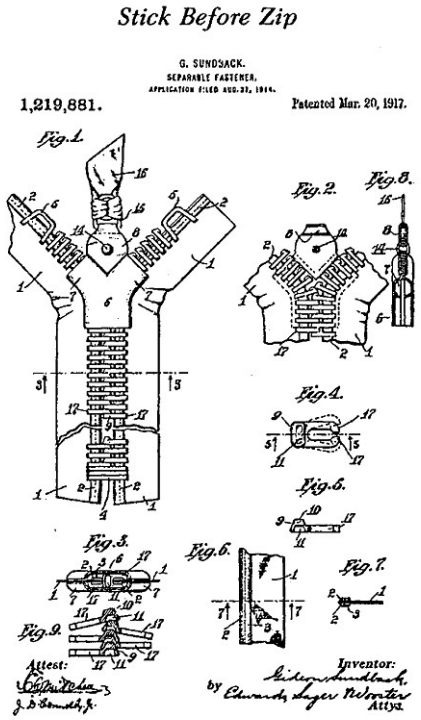


Fig. 5. Il brevetto di successo per le future cerniere lampo

ne qui usato nel senso più specifico di soluzione di un problema tecnologico per *reverse engineering*.

La storia della tecnologia è un alternarsi, talvolta frammisto, di scoperte e invenzioni. Siamo soliti attribuire le prime alla scienza e le seconde alla tecnologia.

Ma dal punto di vista dei processi cognitivi su cui è basata la soluzione di problemi la distinzione va posta tra | la creatività della scoperta improvvisa e i tentativi, per ; prove ed errori, che conducono all'invenzione.

Ad esempio, il meccanismo di apertura delle lattine **j** di bibite in alluminio è l'esito di una scoperta, brevetta- ; ta da Ermal Fraze nel 1960 (cfr. fig. 6), mentre la messa a punto della bicicletta da parte di Lawson (cfr. fig. 7), I nel 1879, è il punto finale di un lungo percorso, il cui graduale perfezionarsi si può ammirare al Museo della scienza di Londra. La stessa storia si ripetè per le auto- ! mobili: Niklaus Otto costruì il primo motore nel 1866, ma il successo dei cavalli e delle ferrovie continuò imperterrito fino alla prima guerra mondiale. j Abbiamo infine delle invenzioni che sono il prodot- ! to della curiosità, in assenza di una qualsiasi richiesta dall'esterno. Si tratta di quelle che Jared Diamond - un professore dell'Università della California che con il suo *Armi, acciaio e malattie* ha vinto il Premio Pulitzer 1998 per la saggistica - chiama «invenzioni in cerca di utilità» (un po' come il Post-it della 3M). Un esempio spesso ricordato è quello del fonografo, di cui il grande Edison costruì il prototipo nel 1877. Egli auspicava vari usi: fissare per sempre le ultime parole dei

moribondi, registrare libri da far ascoltare ai ciechi, annunciare l'ora esatta, insegnare a scrivere sotto dettatura e altri ancora. La riproduzione della musica non sembrava interessarlo particolarmente e gli parve che la sua invenzione fosse svilita quando si affermò dentro i juke-box, commercializzati molti anni dopo il brevetto iniziale.

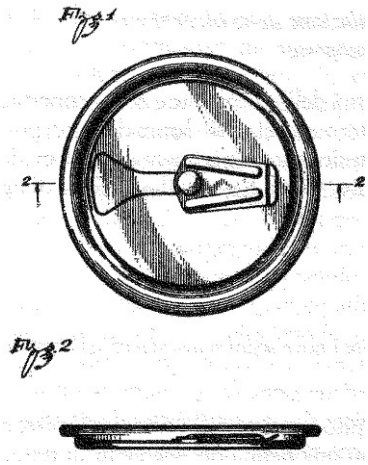


Fig. 6. Il brevetto per l'apertura di lattine di Ermal Fraze

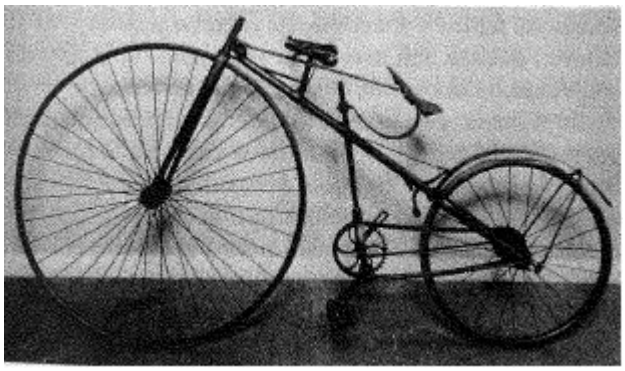


Fig. 7. La bicicletta di Lawson

3. La simulazione delle invenzioni e delle scoperte

I meccanismi dell'invenzione e della scoperta, intendendo questi termini nel senso sopra definito, possono venire isolati in situazioni sperimentali che li evidenziano allo stato puro. Consideriamo il problema di figura 8.

Fig. 8. Unire i nove segni senza staccare la penna dal foglio.

Il compito consiste nell'unire tutti i nove segni, tracciando con una penna dei segmenti di retta, *senza mai staccare la penna dal foglio.* Non c'è una decomposizione del problema che porti gradualmente alla soluzione. Le

persone, nel cercare di risolverlo, fanno vari tentativi «a vuoto», finché riescono a «vedere» improvvisamente la soluzione (come è successo alla segretaria della 3M). La chiave consiste nell'uscire dal rettangolo «percettivo», individuato dal confine costituito dai nove segni.

Se si inizia, con una penna, a tracciare un segmento partendo dal cerchietto in basso a sinistra e si prosegue lungo la base del rettangolo verso destra si arriva a un punto, fuori dal rettangolo, dopo aver congiunto i tre cerchietti di base. Da questo punto si riparte con una lunga diagonale verso sinistra, si intercettano i due asterischi e si prosegue fino al punto, fuori dal rettangolo, da cui si può scendere con un segmento verticale, congiungendo i cerchietti del lato sinistro. Si è così tornati al punto di partenza. Di lì si continua tracciando la diagonale del rettangolo, da sinistra in basso a destra in alto, e il compito è terminato (fermatevi qui: esistono altri modi di risolvere il problema? Provate a cercarli. Avete impiegato meno di mezzo minuto per «scoprirli»?).

In conclusione, la soluzione consiste nel rompere il vincolo cognitivo che ci «focalizza» sul rettangolo e ci impedisce così di andare al di fuori dei suoi bordi. Vi sono tantissime varianti di questo problema: ad esempio, provate a costruire dei triangoli con un numero limitato di fiammiferi appoggiati su un tavolo. Il «salto» consiste nel passare dal piano del tavolo alla terza dimensione, costruendo una piramide con tre triangoli di lato e uno alla base (si sono così costruiti quattro triangoli: con quanti fiammiferi?). Vi sono anche delle varianti sperimentali che sono ancora più vicine al problema della colla. Lì bisognava abbandonare una tradizione consolidata (la colla che si indurisce una sola volta e dura nel tempo).

Provate a mettere su un tavolo, imbandito per il pranzo con una oliera ma senza acqua o vino, un bicchiere lungo e stretto in cui avete infilato una pallina da ping-pong. Il compito da risolvere è il seguente: far uscire la pallina senza rovesciare o rompere il bicchiere. La soluzione consiste nel versare Polio (o Faceto) nel bicchiere per far galleggiare la pallina. Presentate adesso lo stesso problema con una caraffa d'acqua vicino al bicchiere. La soluzione diventa più facile. Bisogna rompere più vincoli cognitivi per vedere la soluzione quando il problema è presentato con l'olio rispetto a quando è presentato con l'acqua, che da sempre a tavola si versa nei bicchieri. Come nel caso della 3M, entrano in gioco le nostre conoscenze pregresse che, invece di aiutarci, ci bloccano.

Consideriamo adesso una soluzione che va raggiunta per tappe successive, decomponendo il seguente problema:

Due stazioni distano 50 miglia. Alle 14 di un sabato due treni partono dalle due stazioni l'uno in direzione dell'altro. Nell'istante in cui i due treni partono, un uccello spicca il volo dal primo treno verso il secondo. Quando l'uccello raggiunge il secondo treno, torna indietro. L'uccello continua così finché i treni non si incontrano. Se entrambi i treni viaggiano a 25 miglia e l'uccello a 100 miglia all'ora, quale è la distanza percorsa dall'uccello nel momento in cui i treni si incontrano?

Di fronte a un problema come questo, la prima cosa da fare per risolverlo è partire dalla domanda finale e andare all'indietro (*reverse engineering*). La domanda va trasformata nella seguente: «per quanto tempo deve volare l'uccello»? La risposta a questa domanda è un'ora. Se sappiamo il tempo, è facile ricavare la distanza, dato che è noto che l'uccello vola a 100 miglia all'ora (cfr. fig. 9). Fermatevi: vi è tutto chiaro? Se non lo è, dipende dal fatto che «sapere» quale è la soluzione nei problemi che vanno risolti con una progettazione alla rovescia non vuol dire averla «capita».

Ripercorriamo ora insieme il cammino, partendo dall a domanda finale: quanta strada fa l'uccello. Prima tappa, scambio della distanza con il tempo: per quanto vola l'uccello? Per rispondere a questa domanda dobbiamo scoprire per quanto tempo viaggiano i treni, dato che l'uccello vola fino a quando i treni non si incontrano. Se il treno fosse uno solo, per andare da una stazione all'altra ci metterebbe due ore (le stazioni distano

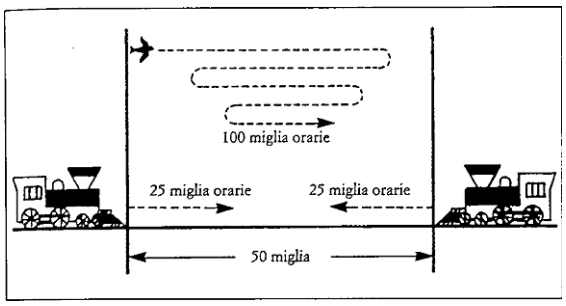


Fig. 9. Il problema del treno e dell'uccello. Qual è la distanza coperta dall'uccello?

50 miglia e la velocità e di 25 miglia all'ora). Dato che i treni sono due, e viaggiano a 25 miglia all'ora uno verso l'altro, per coprire una distanza di 50 miglia dovranno viaggiare metà tempo: un'ora. Sapendo che l'uccello in un'ora fa 100 miglia, abbiamo trovato la soluzione del problema. La soluzione diventa chiara se la decomposizione è quella corretta.

Simon, il già citato pioniere delle scienze cognitive, ha generalizzato le strategie di soluzione di questo tipo di problemi riconducendole a operazioni condotte su tre «stati» e su «operatori» che permettono di passare da uno stato all'altro (nell'esempio precedente, l'operatore fa passare dalla «distanza» al «tempo»):

Stato iniziale: il modo in cui vengono descritte le condizioni di partenza (condizioni del problema, nel nostro esempio);

Stato obiettivo: il modo in cui viene illustrato l'obiettivo da raggiungere (domanda finale: la distanza);

Operatori: le operazioni per passare da uno stato all'altro (trasformazione della distanza in tempo);

Stati intermedi del problema: gli stati che si ottengono applicando un operatore a uno stato in vista del raggiungimento dell obiettivo (le tappe per la soluzione sopra descritte).

Il nostro modo di rappresentarci lo stato iniziale di un problema è spesso cruciale. Uno stato iniziale effica- ; ce può guidarci verso modelli che ci permettono di rag- ; giungere facilmente la soluzione.

4. *Razionalità olimpica e razionalità vincolata*

Simon ha più volte comparato l'attività di soluzione dei problemi alle attività di progettazione. Ad esempio: progettare complessi processi di produzione; creare strutture organizzative che coordinino l'operato di più agenti; costruire complesse sequenze di mosse, regole, comportamenti e strategie, per uno o più agenti individuali, per raggiungere insieme un obiettivo. Comune a tutti questi problemi di progettazione è il fatto che essi comportano ricerche in ampi spazi, in cui le componenti del problema si combinano in vari modi e devono essere strettamente coordinate. Si pensi, ad esempio, alla progettazione di un oggetto complesso come un aeroplano: si richiede la coordinazione di molti e differenti elementi-tipo e potenza del motore, forma e dimensione delle ali, della fusoliera, materiali utilizzati e così via. Ciascuno di questi elementi è a sua volta composto da molti altri elementi più piccoli. Gli elementi che devono essere coordinati per la risoluzione del problema sono legati tra loro da forti interdipendenze, e questo implica che il contributo di una componente può rapidamente modificare il risultato globale, influendo sensibilmente sullo stato degli altri elementi. Ad esempio, aggiungere un motore più potente al nostro aeroplano potrebbe contribuire a diminuire la sua stabilità, o addirittura impedirgli di volare, se gli altri elementi non fossero contemporaneamente adattati.

La nozione di «decomposizione di un problema» permette di introdurre la distinzione simoniana tra

razionalità olimpica e razionalità vincolata, una distinzione cruciale per le scienze cognitive.

Immaginate un uomo che voglia arrivare in cima a una montagna ricca di sentieri e frastagliata in più vette. Il problema è: quali sentieri vanno percorsi per raggiungere la vetta più alta? Se l'individuo fosse dotato di *razionalità olimpica*, il nostro scalatore conoscerebbe la mappa della montagna prima di iniziare la scalata e saprebbe così individuare la strada «ottima», e cioè la via più breve e meno difficile. Purtroppo però il nostro è un uomo, cioè un agente a *razionalità limitata*: non conosce *a priori* il modello globale della montagna che deve scalare. Si costruisce modelli parziali, via via che sale e scopre come è fatta la montagna: è costretto a decomporre il problema. Immaginiamo che sia «limitato» nel senso che la sua capacità di esplorazione visiva arrivi soltanto fino a 300 metri. Il nostro scalatore raggiunge un picco, che in realtà non è il più alto, ma non riesce a vederne di più alti nei pressi. Che cosa farà? Si guarderà intorno, esplorando localmente lo spazio di ricerca. Si renderà così conto che dalla posizione in cui si trova può solo peggiorare la sua prestazione, cioè può solo cominciare a scendere più in basso. Non potendo né sapere né vedere se esiste un altro picco più alto, che potrebbe essere la vera vetta, penserà di averla effettivamente trovata e si fermerà soddisfatto. Avrà così raggiunto un *ottimo locale*. La simulazione delle strategie di soluzione di problemi deve quindi tener conto di una sorta di compromesso tra una rappresentazione completa, ma cognitivamente molto onerosa (di fatto spesso impossibile), e una scomposizione del problema che ci permette di semplificare i processi di ragionamento ma che ci può intrappolare in un «ottimo locale». Ecco perché avevamo parlato di un compromesso tra la decomposizione e la perdita delle interdipendenze tra le componenti in problemi complessi.

La razionalità degli esseri umani è limitata non perché Zeus ci ha voluto punire con un tasso «naturale» di stupidità, negandoci lungimiranza, raziocinio e altre doti. È tale perché l'evoluzione della specie è dovuta venire a patti con un cervello che ha dei limiti biologici (attenzione, memoria, emozioni e così via). Gli «ottimi locali» sono l'esito delle strategie più convenienti ed economiche utilizzate dal nostro sistema cognitivo (utilizzate nella maggioranza delle situazioni in cui la nostra specie si è evoluta per milioni di anni; forse in futuro «errori di replicazione» condurranno a individui più adatti ai nuovi ambienti). Se però si guardano le cose dalla cima della montagna - con gli occhi divini dei matematici, dei logici, degli economisti, dei teorici dell'azione razionale e di tutti coloro che studiano i canoni del pensiero - allora ci accorgiamo di essere condannati a una razionalità non olimpica ma vincolata. Una delle manifestazioni più evidenti di tali vincoli è costituita dalla necessità di costruirsi modelli semplificati della realtà. Dedicheremo il prossimo capitolo a questo argomento.

IV - Modelli visivi

1. Modelli e simulazioni

Quand'ero piccolo, in campagna, passavo molte ore a giocare con il Meccano, l'antenato dell'odierno Lego. Avevo delle componenti di base, metalliche e avvitabili (non di plastica, a incastro, come nel Lego). Combinandole, costruivo modelli degli oggetti più diversi: case, treni, automobili e così via. Il gioco - trenini, bambole e quant'altro - è basato sulla creazione di oggetti o eventi di fantasia, prendendo ispirazione dal mondo dei grandi. Via via che si cresce, i modelli diventano più complessi, come nel Monopoli, che riproduce semplificate le attività di investitori immobiliari, o nei cosiddetti giochi di guerra.

I giochi dei bambini sono spesso procedure di simulazione basate su modelli della realtà e si può provare un certo piacere intellettuale a muoversi dentro questi mondi-giocattolo. Procedure analoghe, ma più complesse, costituiscono il nocciolo delle scienze cognitive. Qui il gioco consiste nel costruire modelli semplificati del mondo e degli altri. Sono semplificati perché si cerca di riprodurne le proprietà essenziali.

L'idea più intuitiva e semplice di modello è quella a cui ricorrono architetti, artisti e ingegneri per comunicare le loro idee progettuali, cioè la loro futura opera, prima della costruzione vera e propria. La caratteristica fondamentale di un modello consiste nel tralasciare aspetti non essenziali o non rilevanti e nelTevidenziare quelli cruciali. Da un certo punto di vista il modello corrisponde al *software*, cioè alle procedure di realizzazione dell'idea, che sono indipendenti dal^*hardware,* e cioè dalla concreta materializzazione dell'idea stessa: i modelli degli edifici sono tradizionalmente di legno, anche se l'edificio

verrà poi costruito in mattoni o cemento. Se lo scopo è quello di fornire un supporto per una valutazione estetica, il modello dovrà esibire le proprietà cruciali per questo giudizio (forme, colori, proporzioni, strutture e così via). Le proprietà di un modello architettonico sono quelle stesse proprietà che emergeranno come cruciali nella valutazione dell'edificio vero e proprio. Nel costruire il modello è quindi necessaria una preliminare decisione su quelle che saranno le «proprietà emergenti». Se il modello contiene troppe informazioni, o troppo poche, non sarà un buon modello. Chiamiamo «prototipo» l'oggetto di cui si vuole costruire il modello: il termine indica il carattere di unicità dell'oggetto, anche nei casi in cui questo verrà costruito assemblando componenti prefabbricate (come nel Meccano).

In figura 1 è indicato il «modello» di come si costruiscono in generale i modelli. Il modello, in questo caso, si presenta come un diagramma a blocchi che contiene le fasi principali di costruzione dei modelli (un diagramma a blocchi è uno schema in cui le frecce indicano come si passa da un blocco all'altro e perché).

IV. Modelli visivi

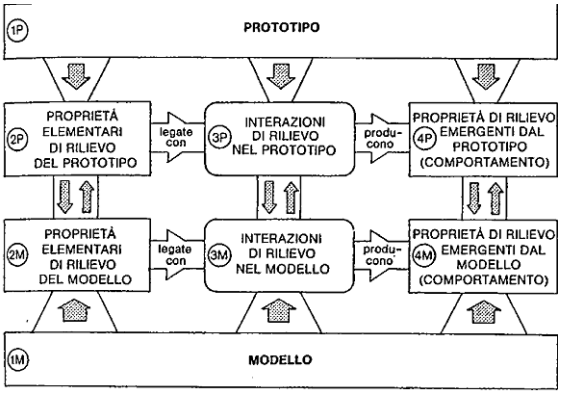


Fig. 1. Il modello generale delle principali fasi di costruzione di un modello in rapporto a un prototipo.

Esaminiamo la figura 1 partendo dall'alto. In 1P è contenuto il prototipo: nel nostro esempio, l'edificio con tutto ciò che lo circonda. La proprietà emergente che qui ci interessa è l'estetica complessiva del prototipo, indicata in 4P. Supponiamo che la valutazione estetica sia influenzata soltanto da due ordini di fattori: i colori e le forme (2P) e le loro interazioni di rilievo nel prototipo (3P). Per passare dalle proprietà del prototipo (2P) a quelle del modello (2M) adotteremo una esatta corrispondenza per quanto concerne la componente colore (colore dell'edificio = colore del modello). Per quanto concerne invece le forme, la relazione di modello per i rapporti spaziali sarà una certa scala delle dimensioni (se il modello è in scala 1 : 100, un metro del prototipo corrisponde a un centimetro del modello).

Gli elementi del modello (2M) contribuiscono, attraverso le loro interazioni (3M), a produrre l'effetto estetico del modello (4M). Data la relazione 4M 4P del modello con il prototipo, diventerà possibile dare una I valutazione estetica dell'edificio sulla base del modello, | Ovviamente, se la valutazione estetica non ci soddisfa, | noi possiamo cambiare il modello fino al raggiungimento degli effetti voluti. Le relazioni tra modello e prototipo (2M —> 2P, 3M —> 3P e viceversa) garantiscono che le proprietà emergenti dal modello corrispondano alle proprietà emergenti dall'edificio (4M —> 4P).

Gli architetti e gli artisti usavano i modelli molto prima che le scienze cognitive si ponessero il compito di una riflessione sistematica sul loro modo di funzionare. Tale riflessione è scaturita dalla scoperta, su cui torneremo in dettaglio nel capitolo VII, che la nostra mente si avvale spesso di modelli semplificati del mondo. D'altra parte, le stesse scienze cognitive (di cui, beninteso, la filosofia fa parte) erano state anticipate dalle intuizioni del più grande filosofo del secolo scorso, Ludwig Wittgenstein. Si considerino questi passi del *Traciatus logico-philosophicus* del 1918, una sorta di costruzione logica del mondo:

2.12 L'immagine è un modello della realtà.

2.131 Gli elementi dell'immagine sono rappresentanti degli oggetti nell'immagine.

2.15 Che gli elementi dell'immagine siano in una determinata relazione l'uno con l'altro mostra che le cose sono in questa relazione l'una con l'altra.

2.18 Ciò che ogni immagine, di qualunque forma essa sia, deve avere in comune con la realtà, per poterla raffigurare - correttamente o falsamente - è la forma logica, cioè la forma della realtà.

4.014 II disco fonografico, il pensiero musicale, la notazione musicale, le onde sonore, tutti stanno l'uno all'altro in quella interna relazione di raffigurazione tra linguaggio e mondo.

Forzando un po' questo passo di Wittgenstein, possiamo trovarvi anticipata l'idea che le immagini - un concetto peraltro non identico al nostro di «modello», in quanto più generale - hanno in comune la forma logica (*software*), indipendentemente dalla materializzazione {*hardware).* Se c'è qualcosa in comune tra l'ideazione di una canzone, la sua scrittura, la sua esecuzione dal vivo e la sua registrazione su un computer, allora il compito delle scienze cognitive non sarà soltanto descrivere che cosa avviene, caso per caso, sul piano materiale (cervello, segni, canto ed elettronica), ma spiegare come mai strutture fisicamente così diverse corrispondano allo stesso modello astratto. Sono queste le premesse per il futuro programma di lavoro delle scienze cognitive: costruire simulazioni basate su modelli e controllare, tramite gli esperimenti, se i modelli raffigurano oppure no la realtà.

Questo punto verrà ripreso, molti anni dopo, da David Marr, celebre neurofisiologo inglese prematuramente morto di leucemia nel 1980, il quale sviluppa, a sua volta, l'idea di interdipendenza tra componenti all'interno di un sistema complesso:

> Quasi mai un sistema complesso di qualunque genere può essere compreso come una semplice estrapolazione dalle proprietà delle sue componenti elementari. Considerate, per esempio, un gas in una bottiglia. Una descrizione degli effetti termodinamici - temperatura, pressione, densità e le relazioni tra questi fattori - non è formulata usando un largo insieme di equazioni, una per ciascuna delle particelle coinvolte. Questi effetti sono descritti al loro proprio livello, quello di un'enorme collezione di particelle [...] se qualcuno spera di raggiungere la piena comprensione di un sistema compii-cato come un sistema nervoso, [...] una bottiglia di gas, o perfino un lungo programma di computer, allora deve essere preparato a contemplare diversi livelli di spiegazione a diversi livelli di descrizione che sono legati, almeno in linea di principio, in un sistema coeso.

Anche se sappiamo che il gas è composto di particelle, questo livello di descrizione non viene preso in considerazione. Possiamo ricorrere a nozioni che riguardano aggregati di particelle: pressione, temperatura e volume (che sono nel rapporto*pV-RT,* tale per cui se aumenta la temperatura, aumenta anche la pressione a parità di volume). In altre parole, un livello di descrizione non solo può, ma *deve* ignorare i dettagli di un altro livello.

Proprio la capacità odierna di costruire, con un computer, un modello molto «verosimigliante» di un futuro edificio può farci cadere nella tentazione di inserire nel modello aspetti inessenziali, e quindi fuorvianti rispetto all'idea che ha guidato le scelte in vista del prototipo. Le proprietà emergenti non devono venire offuscate o appesantite da altre informazioni, fedeli ma non rilevanti. Mettere di più equivale, da questo punto di vista, a informare di meno. Vittorio Gregotti, nel presentare i suoi progetti nel saggio *La città visibile*, scrive:

> È stato scelto anche un tipo di rappresentazione il più possibile economico dal punto di vista espressivo al fine di evitare al massimo che l'enorme esperienza delle astuzie comunicative tanto ricche ed accattivanti di oggi si sovrapponesse eccessivamente alla relativa obiettività degli aspetti strutturali del progetto.

In altre parole, se si deve comunicare la struttura, il modello deve contenere solo l'essenziale del prototipo.

2.1 modelli come interpretazione dei prototipi

L'esempio dell'edificio è basato su una perfetta corrispondenza biunivoca tra modello e prototipo, nel senso che se nel modello sono presenti tutte le proprietà emergenti del prototipo (e non altro), possiamo passare dall' uno all'altro indifferentemente. Non ci sono asimmetrie: dato che ci interessano le proprietà «essenziali», quelle che «emergono» dalle due strutture, c'è isomorfismo tra i due livelli (è mantenuta quella che Wittgenstein chiama «forma logica»). Per ottenere questa corrispondenza biunivoca delle proprietà emergenti non sono sempre sufficienti queste due cautele metodologiche: *a)* isolare le proprietà su cui ci si vuole focalizzare; *b)* ridurre la scala passando dal prototipo al modello. Infatti, non è detto che, una volta operata la riduzione di dimensioni per costruire un modero in scala, le proprietà «cognitive» siano delle invarianti.

Poniamo di voler costruire una sala da concerti e di utilizzare un modello in cui le lunghezze siano in un rapporto *Ì/K* con quelle dell'auditorio. Siccome il compito dell'auditorio è trasmettere in modo fedele i suoni, noi simuliamo gli aspetti acustici disponendo, nel modello, dei piccoli altoparlanti in luogo dell'orchestra e dei piccoli microfoni al posto degli ascoltatori. Il percorso di ogni eco, udibile in un dato punto dell'auditorio, viene così fedelmente riprodotto nel modello. Resta il problema di appurare se le riverberazioni nel modello corrispondono a quelle che auspichiamo nel prototipo. Qui subentra un nuovo tipo di scala. Infatti i percorsi seguiti da una nota saranno più lunghi nel prototipo che nel modello. La velocità della nota nell'aria resta invece la medesima. Le riverberazioni nel modello risulteranno quindi compresse nel tempo. Dato che non possiamo rallentare la velocità di propagazione dei suoni nel modello, dovremmo far sì che le note si succedano l'una all'altra più rapidamente. Nel modello esse dovrebbero succedersi *K* volte più rapidamente che nel prototipo per produrre la stessa esperienza acustica. Ammesso che le proprietà di assorbimento del modello corrispondano a quelle del prototipo, lo spettatore-modello percepirà i suoni come lo spettatore che ascolterà la musica nella sala. In realtà, è difficile simulare le proprietà di assorbimento, perché queste dipendono sia dalla attenuazione del suono durante la sua propagazione nell'aria, sia dalla riduzione dell'energia sonora quando viene riflessa dalle superfici. La prima dipende dalla distanza, mentre l'assorbimento da parte delle superfici dipende sia dal materiale, sia dalle forme delle superfici, sia, infine, dalla frequenza del suono. Solo procedendo per prove ed errori si sono messe a punto delle tecniche per la riduzione in scala di sale da concerti (ad esempio, si è scoperto che delle figure ritagliate da un blocco di poliuretano espanso e provviste di teste realizzate con legno di pino costituiscono dei modelli miniaturizzati di quello che succederà agli ascoltatori in sala).

L'esempio della simulazione in scala della sala da concerti mostra quanto sia difficile mantenere l'invarianza delle proprietà quando la posta in gioco è la percezione da parte di esseri umani. Mentre si poteva assumere che la valutazione estetica **dell'** esterno dell'edificio restasse invariante con la riduzione descritta nell'esempio iniziale, la percezione di messaggi acustici all'interno dell'edificio stesso si rivela un problema ben più complesso. Dobbiamo quindi andare molto cauti nel presupporre che, mutando le dimensioni, tutto il resto non subisca variazioni.

3. Corrispondenze per analogia

Nell'esempio iniziale il modello era legato al prototipo da un tipo di corrispondenza che, per solito, viene chiamata «iconica»: una proprietà del prototipo (come la lunghezza di una parte) è rappresentata dalla stessa proprietà nel modello (la lunghezza della parte corrispondente). Poniamo che vogliate costruire una mappa: rappresenterete le distanze con corrispondenza iconica (con un rapporto di scala prefissato), ma se volete rappresentare iconicamente anche le altezze dovreste realizzarle in rilievo. Per aggirare l'ostacolo costituito dalla poca maneggevolezza di un modello tridimensionale, potete adottare una scala di colori per tradurre la scala delle altezze. A questo punto, non basta «vedere» il modello, bisogna «sapere» che certi colori della mappa corrispondono ai monti e altri colori agli abissi marini, con tutte le sfumature intermedie. Una volta introdotte le *corrispondenze per analogia*, non c'è più limite a quello che possiamo riprodurre nel modello: temperature, piogge e così via. Il limite è soltanto nelle conoscenze di colui che deve saper «interpretare» il modello secondo le convenzioni adottate. Il segreto consiste nel modo di tradurre il conosciuto nel rappresentato.

Arnheim, nel suo classico libro già citato {*Arte e percezione visiva*), aveva osservato:

per illustrare macchine, organismi microscopici, operazioni chirurgiche, la preferenza viene accordata tuttora a disegni o, quanto meno, a fotografie ritoccate a mano. La ragione è che tali figurazioni devono presentarci la cosa «in sé» tracciandone solo alcune proprietà [...] non soltanto la figura migliore è quella che lascia da parte ogni dettaglio inutile e sceglie gli aspetti più significativi, ma anche quella in cui gli elementi rilevanti sono presentati alla vista in maniera priva di ambiguità. Ciò si ottiene mediante i fattori percettivi: semplicità, raggruppamenti ordinati, sovrapposizioni chiare e articolazioni figura-sfondo, uso sapiente dell'illuminazione e della prospettiva.

Arnheim ci ricorda come fosse stato anticipato da Leonardo da Vinci:

Quando tu hai figurato le ossa della mano, e tu voglia sopra di quelle figurare li muscoli, che con esse ossa si configurano, fa fili 'n scambio di muscoli. Dico fili e non linie, acciò che si cognosca quale muscolo vada di sotto o di sopra all'altro muscolo, la qual cosa far non si potrebbe con semplici linie.

La questione del rapporto di corrispondenza tra modello e prototipo diventa insomma assai complesso quando le invarianze vanno al di là delle «proprietà emergenti» per investire le conoscenze. Non ce la si può

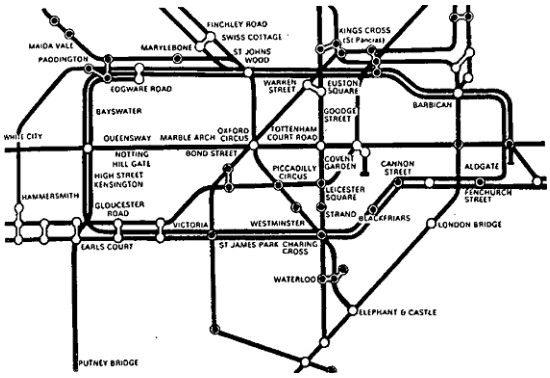


Fig. 2. Particolare della mappa della metropolitana di Londra.

cavare dicendo che quella che viene condivisa è una «forma logica».

La scelta di bilanciamento del «visivo» di una mappa con il «conosciuto» è assai delicata. In molti manuali viene riportato l'esempio della mappa semplificata della metropolitana di Londra, che «offre le informazioni richieste con la massima chiarezza e al tempo stesso alletta lo sguardo mediante l'armonia del suo disegno» (Arnheim). Se si confronta questa mappa con quella usata a Venezia per i trasporti lagunari si coglie la difficoltà di lettura che scaturisce dalla pretesa di «caricare» il visivo di informazioni di natura concettuale. Mentre nella mappa di Londra, quando più linee ferroviarie passano per la stessa stazione, si sono moltiplicati i segni indicanti le stazioni (cfr. fig. 2), nella mappa di

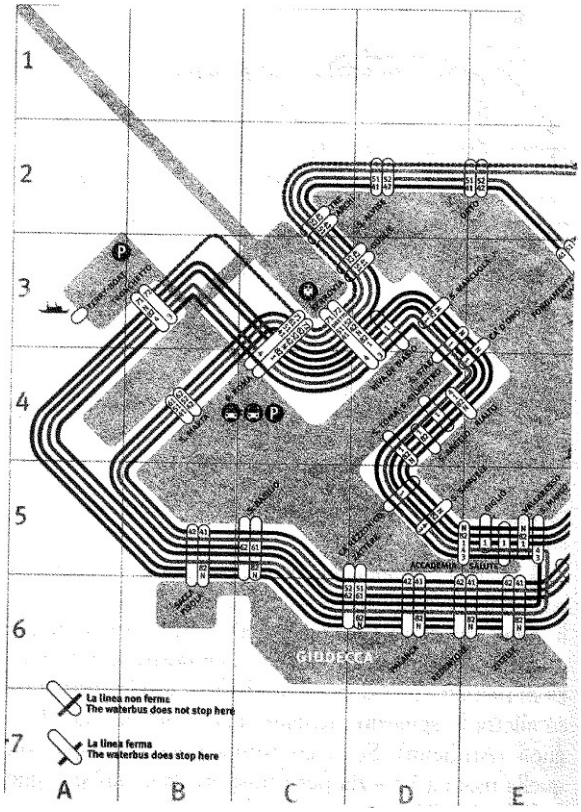


Fig. 3. Particolare della mappa dei mezzi lagunari di Venezia

Venezia la stazione viene indicata con un lungo rettangolo. Se la linea lagunare ferma in quella stazione, il segno indicante la linea passa sotto il rettangolo, mentre se non si ferma il segno passa sopra (cfr. fig. 3).

Questa convenzione «visiva» è misteriosa in assenza di una legenda esplicativa. È anche controintuitiva, perché quando il motoscafo non ferma, la linea passa visivamente sul rettangolo, mentre quando ferma è nascosta sotto. Insomma, la mappa di Venezia non va «letta» ma «appresa» se si vogliono evitare sorprese.

4. Reinterpretare

Il «visivo» guida il «conosciuto» (o dovrebbe guidare, cfr. la mappa di Venezia!), ma può anche succedere (raramente) il contrario. Se io giro a destra la testa, mentre scrivo, vedo la facciata della chiesa del Redentore di Palladio. Se la giro a sinistra vedo, sul libro di Arnheim, un suo schizzo della facciata della chiesa (cfr. fig. 4).

Il modello serve ad Arnheim per contrastare l'interpretazione percettiva di una studiosa di storia dell'arte, secondo la quale per apprezzare esteticamente la facciata andava «visto» anche il triangolo con il lato tratteggiato. Fino a quando non avevo letto Arnheim, pur avendo guardato per anni la chiesa, non mi era mai venuto in mente di congiungere i due lati del triangolo centrale della facciata con il semi-triangolo laterale. Da quando ho visto il disegno di Arnheim, mi è facile «interpretare» la facciata anche con quel triangolo. Posso vedere la facciata «come se» fosse percettivamente presente anche quel triangolo, oltre a quelli direttamente visibili. Il modello della facciata della figura 4 è dunque

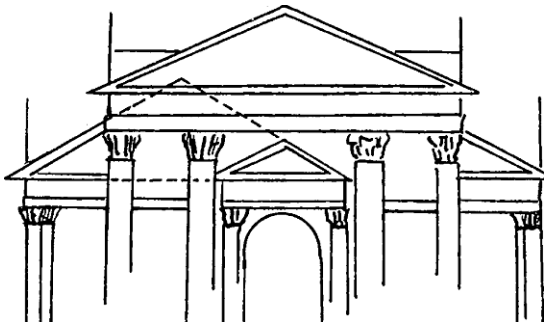


Fig. 4. Schema di Arnheim della facciata della chiesa del Redentore, con indicato il completamento ideale di un triangolo che non viene percepito.

una interpretazione: il modello evoca il prototipo ma, viceversa, la visione del prototipo non evoca il modello. Questa asimmetria è interessante perché ci introduce al tema dei modelli come guide per l'interpretazione.

Il modello può fungere da guida per una certa interpretazione della realtà. Questa è l'operazione cognitiva alla base delle prime forme d'arte. Scrive Massironi (in *L'osteria dei dadi truccati) :*

> a qualcuna delle nostre antenate delle caverne deve essere capitato che quella protuberanza di roccia, che aveva sempre visto come parte dell'insieme complessivo di rocce che costituivano l'ambiente, sia apparsa segregata come unità fenomenica indipendente dallo sfondo. A questo punto i processi di alto livello sono entrati in funzione per categorizzare questa nuova forma e hanno trovato che poteva rientrare in una categoria già posseduta e strutturata: la testa di un bisonte [...] avrebbe allora deciso di sopperire alla mancanza con un cerchio disegnato, in modo che la probabilità che anche altri vedessero in quella sporgenza una testa di bisonte aumentasse notevolmente.

La stessa «interpretazione» guidata la ritroviamo in Man Ray, che trasforma *VOdalisca* di Ingres in *Violon dlngres*. Questo meccanismo viene spinto al limite quando la visione di un'opera ci permette di reinterpretare un «conosciuto» come un altro «conosciuto».

Marcel Duchamp, nel 1917, «ricategorizza» come fontana un orinatoio maschile. Ovviamente, se un marziano vedesse quell'opera senza conoscere le differenze funzionali tra i due artefatti, potrebbe credere che quella sia effettivamente una fontana. Perché l'operazione riesca bisogna: *a)* che si conoscano i «modelli» dei due artefatti; *b)* che un prototipo (di orinatoio) venga interpretato come il modello (di fontana).

La trasformazione è una opera-zione d'autore che può essere fatta una sola volta. È infatti solo quell'oggetto, quello dell'opera di Duchamp, che viene reinterpretato. Se quello o un altro artefatto (ad esempio, uno scolabottiglie) diventa opera d'arte, quell'operazione è vincolata da Duchamp, da lui firmata e da lui «congelata». Così come per la nostra antenata, evocata da Mas-sironi, la roccia-bisonte continuava a restare una roccia, anche l'orinatoio di Duchamp continua a essere tale dopo che è stato ribattezzato come fontana. Come poi avvengano la legittimazione e la diffusione di questa «reinterpretazione» - operazioni necessarie perché si abbiano opere d arte riconosciute come tali dai critici, se non dal pubblico - è questione qui irrilevante (cfr. Massironi, *L'osteria dei dadi truccati,* p. 106).

Una operazione analoga viene fatta in letteratura, quando, ad esempio, Kafka inizia così *La metamorfosi:* «Nel destarsi, un mattino, da sogni inquieti, Gregorio Samsa si trovò trasformato, nel suo letto, in un enorme insetto». L'operazione di Kafka parte da uno specifico e circoscritto evento sovrannaturale (Samsa = insetto) per poi esaminarne le conseguenze nel mondo, per tutto il resto immutato, in cui continua a vivere il protagonista dopo questa modificazione iniziale. L'operazione di «ricategorizzazione» di Kafka (Gregorio Samsa = insetto) sarà per sempre solo sua, come quella di Duchamp (orinatoio = fontana). Questa «unicità» - garantita dalla «firma» del creatore del prototipo (solo quell'orinatoio diventa fontana!) - è ciò che differenzia Man Ray e Duchamp dai disegnatori delle caverne di Alta-mira. Loro (erano?) e restano ignoti, come scrive Louis-René Nougier in *L'art préhistorique d'Ariège:*

> l'utilizzazione sistematica delle asperità naturali nell'arte preistorica è costante, anche se assume aspetti diversi. Nelle fasi antiche la suggestione è soprattutto fisica e si limita a richiamare la figura di un singolo animale. Nelle fasi più recenti la suggestione sarà globale, si riferirà a degli insiemi, come nel caso delle gobbe del soffitto di Altamira.

Il destino di quei disegnatori è simile a quello di coloro che oggi creano nuove categorie e nuovi nomi di prodotti. Non è tanto la produzione industriale di un bene a far «dimenticare» l'inventore del marchio e della tipologia di prodotti (come le cerniere lampo). È il fatto che quella operazione non viene congelata in un caso

singolo, un caso «firmato», come in un'opera d'arte (per il problema della «firma», cfr. Conclusioni). Da questo punto di vista, il «progresso» dell'arte è analogo a quello della scienza, anche se autorevoli studiosi hanno sostenuto che solo nella seconda si può parlare di progresso. Quando Duchamp, con la sua singola opera, propone una reinterpretazione firmata, nel contempo esclude quella operazione dal novero delle future ricategorizzazioni. Analogamente, quando uno scienziato con un singolo esperimento respinge un'ipotesi, la esclude per sempre dalle ipotesi che potranno venire prese in considerazione in futuro.

Le scienze cognitive procedono come le arti: non sono mai in grado di condurci a verità definitive. Riescono soltanto ad ampliare il territorio delle ipotesi e delle operazioni non più riproponibili. Il parallelo è stato recentemente riconosciuto da studiosi come Harold Bloom, i quali si sono interrogati sul rapporto tra critico e artista. La storia della scienza procede confrontando le ipotesi falsificate in passato con le ipotesi oggi falsificabili, dando luogo al progredire della conoscenza all'interno di un paradigma e al cumularsi di falsificazioni che rendono necessario un cambiamento di paradigma. Secondo Bloom, la storia della poesia e dei suoi critici procede in modo analogo:

> la critica diventa allora antitetica, esprimendosi in una serie di scarti conseguenti ad atti individuali di travisamento creativo. Il primo scarto è costituito dall'imparare a leggere un grande poeta precursore come i suoi maggiori discendenti ci costrinsero a leggerlo. Il secondo dal leggere i discendenti co-il I me se fossimo i loro discepoli [...] ma nessuna di queste due ricerche costituisce ancora una Critica Antitetica. Questa comincia quando misuriamo il primo clinamen [cioè la prima «falsificazione» per reinterpretazione o misinterpretazione] rispetto al secondo [...] Praticare la Critica Antitetica sul poeta o sui poeti più recenti diventa possibile soltanto quando questi abbiano trovato dei discepoli altri da noi stessi. Ma costoro possono essere anche critici, non poeti.

Questa analisi di Bloom si collega ai modelli della creatività artistica sviluppati dal noto scienziato cognitivo Philip Johnson-Laird. Egli mostra come le idee e le opere, sia nella scienza che nell'arte, vengano generate applicando i criteri di un dato dominio artistico o scientifico e come si proceda poi a una serie di stadi che le perfezionano per successivi confronti. Riusciamo meglio a «criticare» che a «creare», perché nel primo caso i criteri di valutazione usati per i confronti sono espliciti e comunicabili verbalmente, mentre quelli usati per «creare» sono inconsci e quindi difficilmente trasmissibili. Come vedremo nel prossimo capitolo, dedicato a quel vasto campo di ricerche che va dalla fenomenologia alla simulazione della visione, già i meccanismi di organizzazione percettiva non ci sono trasparenti. Le opere basate su una comunicazione di natura visiva, artistica e non, sono costruite sulla base di «pratiche» la cui teoria è rimasta oscura fino a quando non si è cominciato a esplorarla con le metodologie esposte nel prossimo capitolo.

V - Muoversi nel mondo

1. Esplorazione e attenzione

I tempi dell'evoluzione naturale sono lunghissimi, in quanto richiedono il succedersi di generazioni e generazioni. Solo così possono affermarsi dei varianti spontanei, cioè degli «errori» nelle repliche che, per puro per caso, si adattano meglio all'ambiente, che nel frattempo può essere a sua volta cambiato. Se teniamo presente questa scala dei tempi plurimillenaria, risulta evidente che l'ambiente attuale, completamente trasformato dall'uomo con miriadi di artefatti, non ha nulla a che fare con le savane e le foreste dei cacciatori-raccoglitori di quindicimila anni fa. Non era ancora nata l'agricoltura ed essi si muovevano in ambienti ricchi soltanto di ostilità naturali. La loro attività prevalente era la ricerca di cibo e di sicurezza. Dovevano quindi essere in grado di selezionare visivamente le informazioni adatte e di decidere in poco tempo (questo avviene ancor oggi in contesti artificiali, quando, ad esempio, l'uomo è alla guida di un mezzo di trasporto). Non è quindi stupefacente che l'evoluzione della specie ci abbia dotato di grandi capacità di filtro delle informazio-

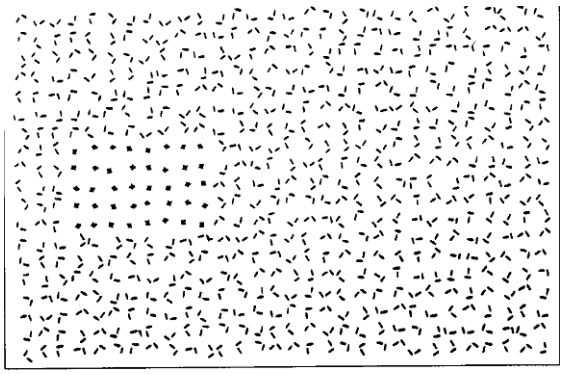


Fig. 1. La zona di puntini a sinistra viene vista subito, mentre ci vuole attenzione per accorgersi che, a destra, c'è una zona di T e non di L.

ni e che abbia reso queste capacità involontarie e inconsapevoli. Solo così i filtri possono agire in modo automatico e quindi rapido. Non dimentichiamo, però, che l'ambiente per cui sono stati selezionati questi filtri non è quello degli artefatti odierni. Dovremmo quindi valutare le nostre capacità non in riferimento all'ambiente tecnologico di oggi, ma all'ambiente «naturale» di migliaia di anni fa. La trasformazione più grande, rispetto ad allora, è stata quella consistente nell'ar-ricchire l'ambiente con artefatti che, a loro volta, richiedono attenzione. Tutta la nostra educazione è intrecciata di «stai attento a...», dato anche che le nostre paure naturali (serpenti, vuoto, fuoco e così via) non corrispondono affatto agli eventi oggi più pericolosi. Il nostro allevamento si traduce così in un'educazione al-

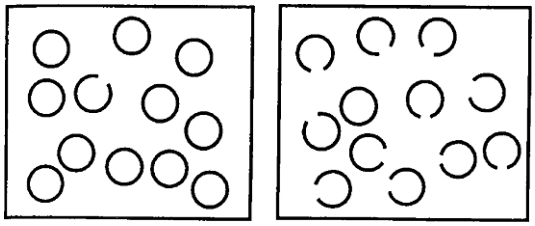


Fig. 2. È più facile vedere il cerchio interrotto in 2a che quello completo in 2b.

la selezione delle informazioni «giuste» e in una guida al sapiente impiego dell'attenzione.

Analizziamo come, nelle prime fasi della visione, entrino in azione dei filtri «automatici». Guardate, ad esempio, la figura 1. La zona di puntini, a sinistra, viene vista subito come diversa dalla regione circostante.

Successivamente, prestando «attenzione» alla tessitura della figura 1 ci si accorge che l'area circostante a quella che emerge immediatamente come «diversa» non è «omogenea», cioè fatta tutta di L, dato che, a destra, compaiono delle T. Ecco l'azione dei filtri; la visione ci «obbliga» a vedere alcune cose prima di altre.

Le leggi dell'organizzazione percettiva tendono a completare le figure interrotte e questo fa sì che alcuni oggetti «spicchino» più di altri nell'ambiente circostante. Ad esempio, confrontate la figura 2a con la 2b. Vi accorgerete facilmente della presenza di un cerchio interrotto nella figura 2a, mentre dovrete esaminare con più attenzione la 2b per individuare l'unico cerchio completo. In questi casi abbiamo una forma di «focalizzazione» pre-attentiva su certi aspetti del mondo in luogo di altri. Ricordate il disegno di Arnheim della facciata del Redentore? Il problema era proprio quello di quanta attenzione fosse necessaria nell'esplorare la facciata per «chiudere» un triangolo incompleto.

Il tema dell'esplorazione visiva è stato utilizzato da artisti e architetti prima che gli scienziati cognitivi ne analizzassero in dettaglio i meccanismi e le basi neurofisiologiche. In un dipinto l'osservatore può essere aiutato da una struttura che impone una gerarchia di osservazione. Come ha osservato Arnheim in *Arte e percezione visiva:*

L'analisi dell'opera mostra dunque che il tema centrale dell'immagine, l'idea della creazione, è trasmesso da ciò che per prima cosa colpisce l'occhio e continua poi a organizzare la composizione a mano a mano che se ne esaminano i particolari.

Un esempio tra i tanti è dato dalla struttura isolata da Arnheim nella *Creazione dAdamo* sul soffitto della Sistina. Dato che non poteva rendere visivamente la «storia» dell'anima vivente insufflata nella creta, Michelangelo ha scelto di far stendere a Dio il braccio verso quello di Adamo, come se una scintilla venisse trasmessa dal creatore alla creatura. Il «ponte» costituito dal braccio lega visualmente due mondi separati (cfr. fig. 3). .

Se consideriamo le opere d'arte come dei grandi «esperimenti naturali», che vanno analizzati con gli strumenti della progettazione alla rovescia, possiamo trovare opere in cui è assente uno scheletro volto a guidare gerarchie di attenzione nell'osservatore. Ad esem-

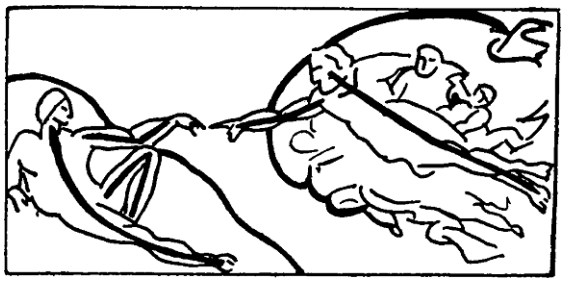


Fig. 3. La struttura della *Creazione d'Adamo* che guida l'esplorazione visiva.

pio, nel *Rumore tra l'erba* di Jackson Pollock, l'artista ha deliberatamente scelto di eliminare strutture pre-attentive, quasi che la composizione e la successiva visione fossero guidate dal caso.

Come ha osservato Massironi, dal punto di vista dell'attenzione non è una distribuzione casuale come quella di Pollock che produce il massimo dell'instabilità. Per avere un effetto di questo tipo bisogna costruire - come ha fatto lo psicologo Marr proprio per studiare la visione - una figura organizzata ma pluristabile, dove l'attenzione non riesce a bloccarsi mai (cfr. fig. 4).

Nei dipinti l'esplorazione avviene con minori gradi di libertà rispetto a un'opera architettonica tridimensionale: l'osservatore può soltanto scegliere la distanza e l'angolo d'osservazione. Ma, dato che i medesimi meccanismi percettivi producono effetti analoghi in forme a arte diverse, possiamo parlare di «saperi impliciti» il cui progetto va smontato con i «saperi espliciti» delle scienze cognitive. Ricordate, ad esempio, la xilografia di

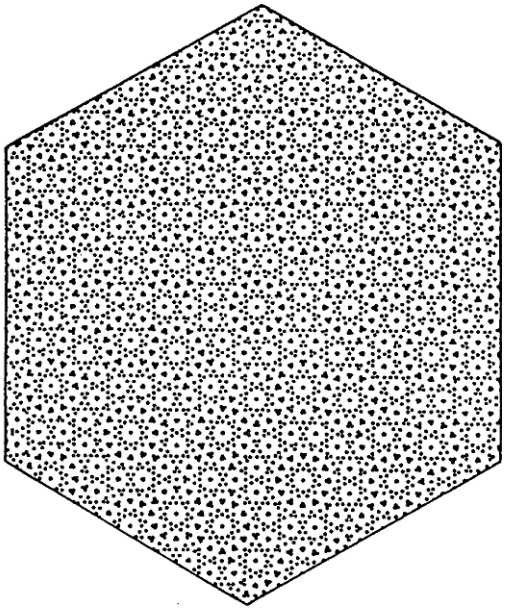


Fig. 4. Tessitura priva di una qualsiasi organizzazione stabile.

Arp. L'instabilità era dovuta al gioco dinamico tra figura e sfondo.

Se, in un edificio, esaminate le finestre, queste possono venire progettate come un buco tra l'interno e l'esterno dell'edificio oppure come una figura. Consideriamo una finestra come quella d'angolo di Palazzo Danieli a Venezia (cfr. fig. 5). Qui è la cornice che diventa figura quando l'interno, in funzione della luce nel corso della

Fig. 5. Una finestra d'angolo di Palazzo Danieli.

della giornata, si unifica con il muro circostante.

Questa organizzazione pluristabile non l'abbiamo nelle finestre del polo tecnologico della Bicocca (Milano), che sono dei veri e propri fori, che riprendono il più grande «buco» di connessione (cfr. fig. 6) e che si staccano sulla tessitura del muro.

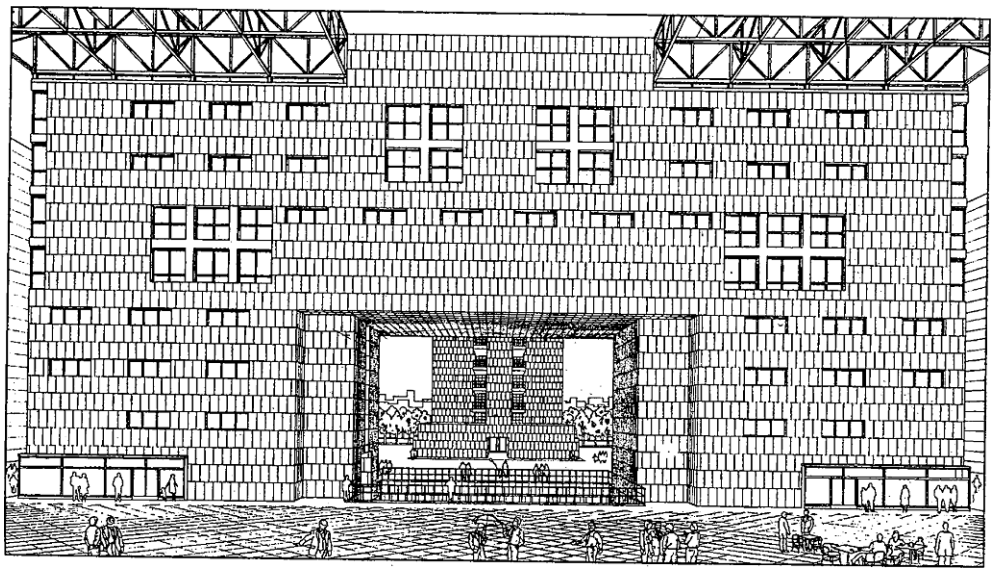


Fig.6. Piazza di connessione tra il nuovo centro e gli edifici industriali che vengono ricostruiti (progetto Gregotti)

2. Attenzione e pre-attenzione

Con l'esempio della figura 1 abbiamo già esaminato la differenza tra ciò che salta all'occhio, grazie a quella che è stata chiamata visione pre-attentiva, e ciò che può essere visto soltanto esaminando con attenzione la figura. Questa differenza può venire sfruttata nel riconoscimento di forme che emergono, soltanto se si concentra l'attenzione, da figure «degradate». Ad esempio, in figura 7 riuscite a vedere un cane?

Il ruolo della tessitura di un'immagine può risultare fondamentale nel separare due regioni, anche se l'intensità della luce è la medesima. Ad esempio, in figura 8, è la differenza di tessitura che ci fa vedere una sciarpa di fronte a una maglietta. David Marr e Tomaso Poggio (a cui è dovuta la figura 8) hanno elaborato una so-

Fig. 7. Riuscite a vedere un cane con la testa abbassata nella parte centrale della figura?

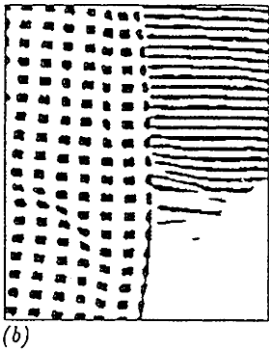

(b)

Fig. 8. Confini davanti alle tessiture diverse di due vestiti.

fisticata teoria computazionale di questi meccanismi quale premessa per la costruzione di macchine che vedano il mondo come noi (compito questo molto più difficile che costruire un programma che batta un campione di scacchi). Esperimenti «naturali» analoghi sono, per così dire, rinvenibili in opere architettoniche, come le case costruite da Le Corbusier a Pessac, vicino Bordeaux (cfr. fig. 10). Invece di comporre un edificio con masse tridimensionali, queste case sono delle leggerissime macchie di colore e luce. Consideriamo la più classica delle figure ambigue, come la coppa e i profili

(fig. 9).

Potete vedere una coppa, ma poi, continuando Tesarne, emergono i profili, o viceversa. Vi è tuttavia una terza possibilità, ed è quella di cercare di isolare l'impercettibile linea di confine che separa, volta a volta, coppa e profili. Come ha osservato Rasmussen, Le Cor-

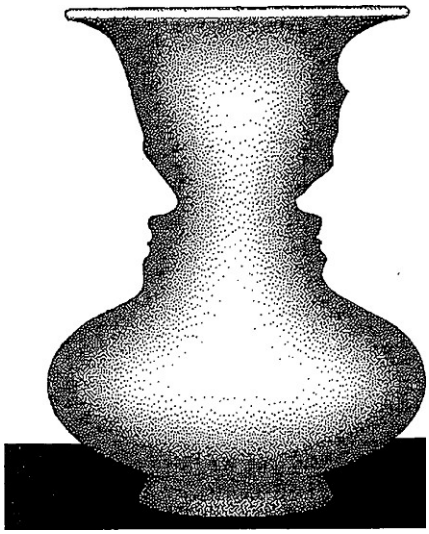


Fig. 9. La coppa e i profili.

busier ha cercato di costruire sulla base di operazioni visive analoghe:

> questa terza possibilità è fatta di una linea priva di sostanza. Solo copiandola potrete osservarne i cambi di direzione e probabilmente li esagerereste [...] questo è il modo con cui vennero concepiti gli edifici di Le Corbusier [...] erano i confini che lo interessavano non i volumi. Egli ha dato attenzione ai piani dandogli colore e tagliandoli in modo netto.

Questi esempi ci hanno tutti permesso di rintracciare, nella visione, il risultato delle fasi pre-attentive

rispetto agli effetti di esplorazioni successive. Vi sono tuttavia «filtri» di cui si può evidenziare la funzione di «eliminazione delle informazioni» solo indirettamente.

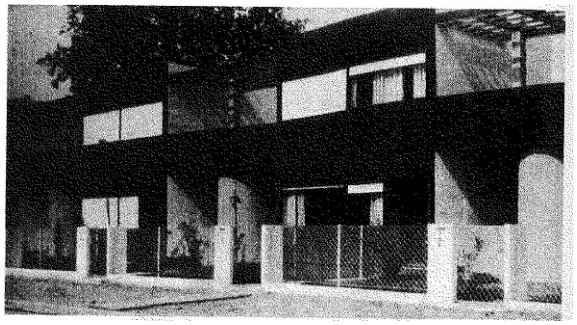


Fig. 10. Case progettate da Le Corbusier a Pessac

La storia naturale ha dotato il nostro sistema visivo-attentivo di meccanismi rapidissimi, la cui azione emerge solo tramite ingegnosi esperimenti. Il paradigma di questi esperimenti è stato messo a punto da Sperling. Egli presentava alle persone che partecipavano all'esperimento delle matrici di lettere, 3x3, come quella in figura 11. Questa matrice veniva illuminata su uno schermo per una breve frazione di tempo: 50 millisecondi (cioè un ventesimo di secondo), come se fosse un flash.

F T X Suono alto

MPR Suono medio

DLV Suono basso

Fig. 11. La procedura di resoconto parziale di Sperling. Un suono emesso subito dopo la presentazione rapidissima di tutte le nove lettere ci dice quali dobbiamo nominare.

Il compito consisteva nel riferire quanto osservato. In queste condizioni le persone dicono di aver visto tutte e nove le lettere, ma riescono a nominarne soltanto quattro o cinque.

Sperling complicava l'esperimento aggiungendo una informazione di tipo acustico. Addestrava le persone a tre tipi di suono: alto, medio e basso. Il suono alto indicava che bisognava nominare le lettere della riga alta della matrice (FTX), quello medio la riga intermedia *(MPR)* e quello basso l'ultima riga (*DLV*). Il suono veniva emesso *dopo* che tutte le lettere erano state presentate per 50 millisecondi, quando la matrice era ormai scomparsa. In queste condizioni sperimentali i soggetti riuscivano a nominare tutte le lettere della riga indicata dal suono. Si dimostra così l'esistenza di quella che è stata chiamata *memoria iconica*, una sorta di lavagna su cui restano per pochissimo tempo molte informazioni raccolte dall'ambiente. Se per un qualsiasi motivo - nel caso di Sperling il suono funge da segnale - non focalizziamo subito l'attenzione su una parte di ques$_{L}$e informazioni, queste non sono più disponibili. E un sistema «adattivo», perché ci permette di «raccogliere molto» e poi di prestare attenzione, con una sorta di «rete attentiva», a quel poco che riteniamo rilevante in quel dato contesto.

3. *Il riconoscimento*

A cavallo tra la visione del mondo e la sua concettualizzazione sta il riconoscimento visivo di qualcosa che è già conosciuto. Partiamo proprio con la prima lettera dell'alfabeto. Ecco una *a* scritta in quel tipo di carattere che si chiama Helvetica:

a

Per solito non prestiamo attenzione al carattere delle lettere dei testi che leggiamo. Se non siamo dei grafici o degli esperti tipografi, probabilmente non sapremo neppure che quella *a* è stata scritta in carattere Helvetica. Si tratta di una semplice forma, di cui conosciamo il significato, e non di un concetto. Ma provate a esaminare la figura 12, tratta da un libro di Douglas Hofstadter, un importante esponente americano delle scienze cognitive.

> C'è qualcosa in comune a tutti i settanta tipi diversi di *a* di figura 12. Infatti sono tutti riconoscibili come *a*. Ma se cerchiamo di cogliere l'essenza della a, quella che ci permette il riconoscimento come *a* di tutti i segni della figura, ci accorgiamo che non si riesce a descrivere questa essenza nei termini di una «forma» comune a tutti gli esemplari. Non c'è una forma fissa, invariante, a cui vengono applicati diversi tipi di decorazioni.

Ci sono dei programmi per calcolatore che permettono di trasformare un alfabeto scritto in un dato carattere, ad esempio Helvetica, in un alfabeto nuovo. Guardiamo come funziona uno di questi programmi, chiamato DAFFODIL. Questo programma è composto di «regole di sostituzione» che permettono di trasformare un elemento di ogni carattere dell'alfabeto Helvetica in un carattere di un nuovo alfabeto, chiamato Daffodil (cioè «tulipano», e in effetti le lettere di questo nuovo alfabeto ricordano i tulipani). Ecco le otto rego

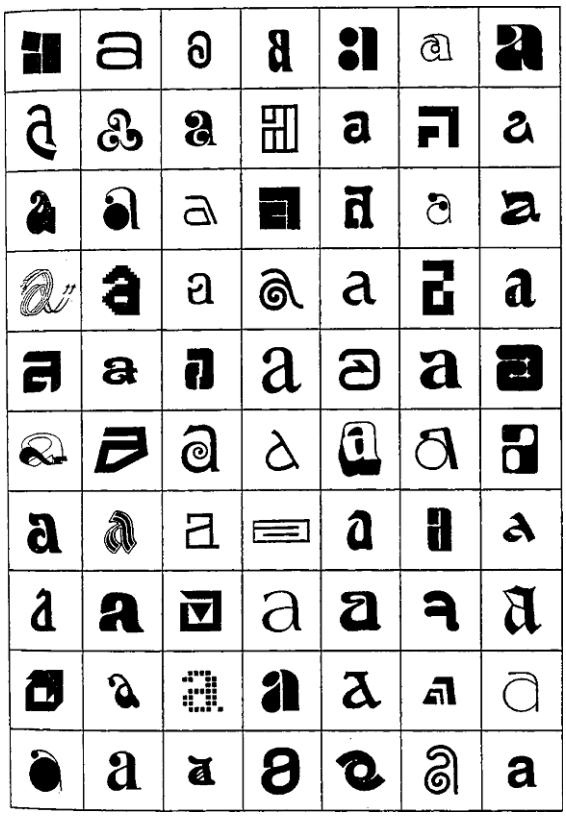


Fig. 12. Vari tipi di *a* utilizzati dai grafici.

le di sostituzione per passare dalle lettere di un alfabeto alle lettere dell'altro:

segmento verticale a sinistra ⇒

segmento verticale a destra ⇒

segmento orizzontale ⇒

segmento inclinato a sinistra ⇒

segmento inclinato a destra ⇒

arco a sinistra ⇒

arco a destra ⇒

punta, in cima a un segmento ⇒

Se noi applichiamo queste otto regole a una parola come Daffodil, scritta in Helvetica, otteniamo la stessa parola scritta con caratteri DAFFODIL:

DAFFODIL ⇒

Il programma funziona secondo un principio che è molto diffuso nelle scienze cognitive e che si ispira al lavoro del grande linguista Noam Chomsky. Chomsky ha mostrato come la nostra capacità di usare il linguaggio si basi su regole di trasformazione sintattiche che ci permettono di costruire, a partire dalle parole del lessico di una lingua, tutte le combinazioni corrette. Queste combinazioni costituiscono le frasi di quella data lingua. Allo stesso modo ci permettono di escludere tutte le frasi «sgrammaticate».

Il programma DAFFODIL presuppone che noi si sappia che cosa sia una *a* in un dato alfabeto. Una volta riconosciutala come tale, applicando le otto regole di sostituzione, può venire trasformata in un carattere DAFFODIL. DAFFODIL è insomma un programma «ornamentale», che aggiunge uno stile decorativo a partire da un alfabeto scarno ed essenziale come Helvetica. Ma possiamo porci un'ulteriore domanda. Come fare a riconoscere una *ai* Qual è la sua «essenza» platonica? Questo è un vecchio problema che le scienze cognitive hanno ereditato da una lunga tradizione filosofica che, fin dai tempi di Platone, si è interrogata sulla natura dei concetti. Il paradosso affrontato dai filosofi era il seguente: come facciamo a formarci un concetto a partire dai suoi esemplari se non ce lo abbiamo già in testa? Come facciamo a sapere che tutte le lettere della figura 12 sono delle *a* se non disponiamo di uno strumento per riconoscerle? La risposta data dalla tradizione empirista era basata sulla capacità della mente umana di operare generalizzazioni, e cioè di trovare qualcosa in comune a tutti gli esemplari così da fondare il concetto. Non c'è comunque dubbio sul fatto che siamo capaci di riconoscere, più o meno bene, tutti i settanta esemplari grazie al fatto che la nostra mente possiede un modello concettuale della *a.* Il problema diventa dunque quello di spiegare come si sia formato questo modello e come vada definito.

L'essenza che sta dietro a tutte le *a* di figura 12 può essere modellata come l'accoppiamento di due idee più

semplici:

a) l'idea di una sorta di manico d'ombrello, con la parte ricurva posta in alto e girata verso sinistra;

b) l'idea di una sorta di piccolo fornello da pipa aperto sulla parte destra e appoggiato alla base del manico dell'ombrello, quasi fosse una c che s'appiccica al manico.

Queste due idee costituiscono le due componenti concettuali della ricetta che ci permette di costruire tutte le *a* di figura 12. Quindi il concetto di *a,* pur essendo unitario, è ulteriormente scomponibile. Le due componenti concettuali possono realizzarsi in modi assai diversi: alcuni manici di ombrello sono spezzati, i

fornelli di pipa possono essere pieni e non vuoti, il manico d'ombrello può essere tutto curvo e così via. Dietro a tutte le *a* di figura 12 c'è un modello mentale, cioè una concettualizzazione che cattura ciò che è invariante, e non un processo di generalizzazione.

4. Simulazioni visive

Per spiegare la differenza tra forma e concetto, Hof-stadter ci mostra come si è soliti insegnare a scrivere la lettera *x* nelle scuole americane e in quelle inglesi. I bambini americani imparano a tracciare due corti segmenti di retta che si intersecano al centro, dove l'uno scavalca l'altro, mentre i bambini inglesi fanno combaciare due freccette che divergono dal punto di incontro (cfr. fig. 13)

La x della didascalia di figura 13 è scritta in carattere Helvetica. Quindi lo stesso risultato può essere il prodotto di due modelli concettuali diversi, quelli appunto disegnati nella figura. La *x* potrebbe anche venire prodotta da una terza ricetta: due *v,* una diritta e l'altra capovolta, che si toccano al vertice. Ma non credo che a nessun bambino si insegni a scriverla così.

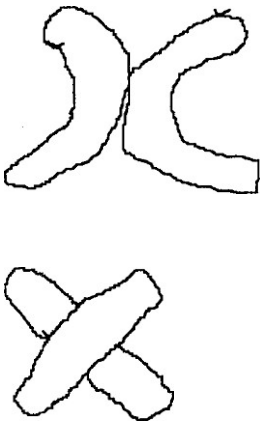


Fig. 13. Due modelli concettuali diversi della lettera *x*.

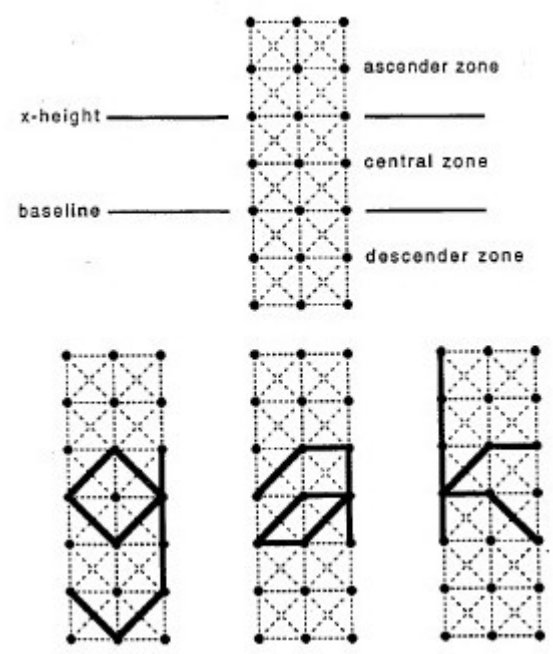


Fig. 14. Griglia di punti che, uniti in modo diverso, vanno a formare una *g*> una *a* e una *k*.

Hofstadter ha scritto un programma per computer che genera alfabeti diversi a partire dalle istruzioni date a una griglia di 21 punti (si tratta di un rettangolo di 3 per 7 punti, cfr. fig. 14). A seconda di quali punti vengono collegati e dei modelli concettuali delle varie lettere possiamo produrre un numero molto alto di alfabeti, di cui la figura 15 mostra alcuni esempi.

È un programma diverso da DAFFODIL. Questultimo, a partire da un alfabeto, ne generava un altro. Il programma di Hofstadter risale invece alle origini delle lettere e si domanda quanti tipi di *a* diverse si possono formare congiungendo i 21 punti di una griglia. I congiungimenti possibili, da un punto all'altro, sono 56, e il programma ci dice quali congiungimenti vanno fatti per generare diversi tipi di *a* riconoscibili come tali.

Gli esempi della figura 16 mostrano che noi siamo capaci di distinguere proprietà locali e proprietà globali. Alcune singole lettere sono affascinanti anche se avulse dal contesto, altre acquistano una qualità estetica solo se inserite in tutta la serie dell'alfabeto. Isolate sarebbero incongruenti e sgraziate. Se confrontiamo quest'ultima figura con la prima del capitolo III, ritroviamo il problema analogo della decomposizione: i singoli segni che vanno a comporre ciascuno dei dieci esempi di alfabeti della figura 16 non verrebbero riconosciuti come lettere al di fuori del contesto costituito da tutta la sequenza dell'alfabeto. Ne consegue come il giusto livello di decomposizione di un problema sia cruciale anche nei processi di riconoscimento. La figura 16 è una ulteriore dimostrazione dei rapporti tra livelli di decomposizione e interdipendenze nel senso che, se isoliamo un segno, questo «perde» la sua caratteristica di lettera: perché una singola componente sia ricono-

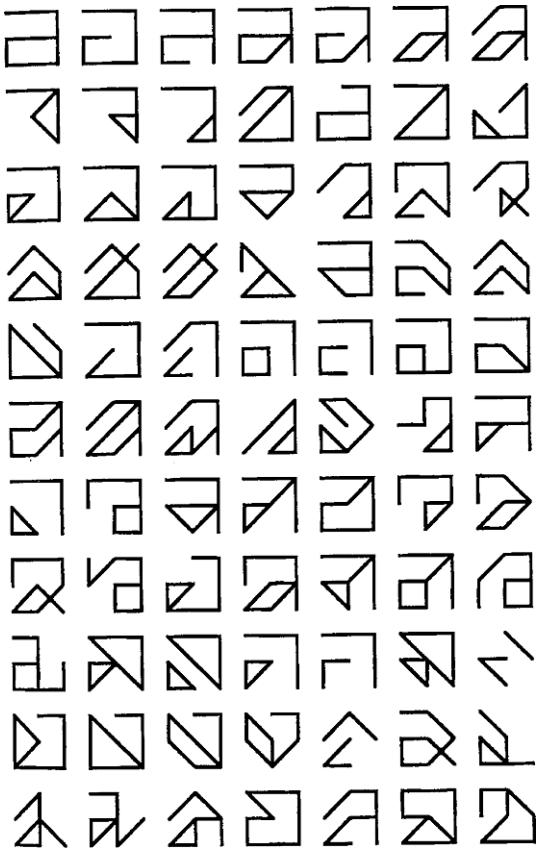


Fig. 15. Diversi esempi di *a* minuscola generati unendo in modo diverso i punti della griglia di figura 14. Si passa da *a* riconoscibili come tali a segni «limite», fino a «non-a».

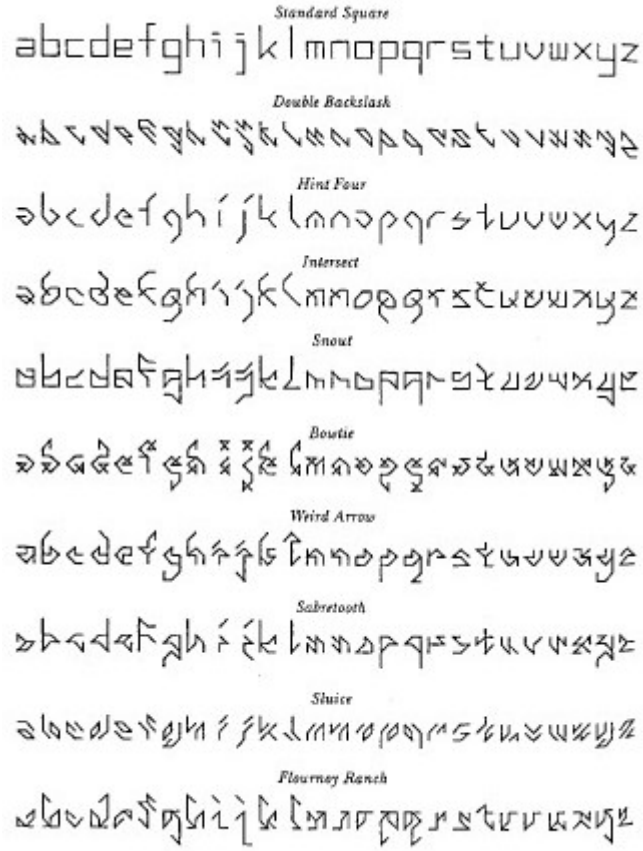


Fig. 16. Dieci esempi di alfabeti. Si provi a coprire con un cartoncino gli sviluppi degli alfabeti, partendo dalla sinistra e provando a immaginarne il seguito via via che si va verso destra (dalla *a* alla *z*).

sciuta come lettera è necessario che la sequenza che costituisce l'alfabeto non venga decomposta fino alle singole unità (esercizio: provate a prendere un cartoncino e a schermare delle lettere: quante bisogna vederne perché da segni si trasformino in componenti di un alfabeto?).

Nel prossimo capitolo passeremo - dal problema delle grammatiche visive, dei rapporti tra decomposizione e interdipendenze nel riconoscimento e, quindi, della simulazione della visione - a trattare un altro capitolo centrale delle scienze cognitive: l'attività di elaborazione delle informazioni in un sistema naturale o artificiale, le basi biologiche di tali attività e, infine, la funzione dei filtri cognitivi nel costruirci modelli del mondo.

VI - Dalla visione alla memoria

1. Articolazione figura-sfondo

Osserviamo nuovamente la figura 9 del capitolo precedente, la più classica delle figure ambigue. Come spiegare la sua ambiguità? Potremmo dire che noi abbiamo in testa sia lo schema di una coppa sia quello di un profilo umano e che «decidiamo» di vedere in quella figura ambivalente o luno o l'altro di questi due schemi. Siamo noi a interpretare le informazioni sulla base delle nostre conoscenze quando «riconosciamo» gli alfabeti (cfr. fig. 16 del capitolo precedente) e le informazioni «degradate» (ricordate l'esempio della lettura di *red* a p. 39?).

Ma le cose stanno proprio così? Provate a guardare la figura 1, la cosiddetta illusione di Mach-Eden. In questo caso abbiamo i profili di una immaginaria striscia di carta piegata in tre punti. In realtà, si tratta di tredici segmenti uniti, così da formare quattro parallelogrammi. Per accorgersene basta coprire con le mani i parallelogrammi adiacenti e guardare un parallelogramma alla volta. La tridimensionalità scompare: si tratta di una proprietà che emerge dall'insieme. Se guardiamo la

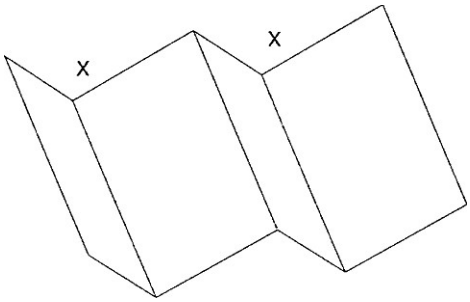


Fig. 1. L'illusione di Mach-Eden. Potete costruirla con un foglio appoggiato su un tavolo e guardarla muovendo la testa e tenendo chiuso un occhio oppure sollevarla e guardarla mentre la tenete in mano.

figura nel suo complesso, non un pezzo alla volta, noi non osserviamo tredici segmenti disposti sullo spazio bidimensionale del foglio. Vediamo una striscia collocata in uno spazio tridimensionale. E questa striscia può assumere due posizioni: una striscia adagiata sullo spazio oppure in piedi, protesa verso di noi. Qui non c'entrano le conoscenze pregresse, gli schemi memorizzati: noi non abbiamo mai incontrato prima una striscia così. E non basta: è già curioso il fatto che una distribuzione di tredici segmenti bidimensionali si stacchi dal foglio piatto e^i collochi nello spazio. Di nuovo: non vediamo la figura così perché sappiamo che è tridimensionale. Al contrario, sappiamo che è tridimensionale perché la vediamo così. In questo caso non sono i nostri schemi e le nostre conoscenze a farci interpretare il mondo esterno.

L'ambiguità della figura 1 dipende da una grammatica della percezione indipendente dalle conoscenze di chi guarda. Il principio base di questa grammatica è la funzione unilaterale dei margini; essi servono a delimitare la coppa e non i profili nella classica figura già esaminata. Quando delle linee diventano i confini di una figura che si stacca su uno sfondo, queste linee non possono svolgere il ruolo simultaneo di confini: quindi lo sfondo continua dietro la figura. Possono svolgere invece una funzione bilaterale quando, ad esempio, vengono visti come spigoli, quelli appunto che piegano la striscia della figura 1. In questo caso, non separano la figura dallo sfondo, ma la suddividono in componenti interne.

Provate a vedere la forma di una parete collocata dietro due persone: la parete è uno sfondo privo di forma, come risulta evidente dalla figura 2.

Molte sono le regole che governano l'articolarsi del mondo esterno in figure unitarie poste su uno sfondo: ad esempio, la convessità dei profili favorisce, a parità di altri fattori, l'emergere della figura (cfr. fig. 3).

Quando questi fattori di organizzazione percettiva non favoriscono una soluzione rispetto a un'altra abbiamo delle figure reversibili, instabili, che danno un'impressione di movimento interno. Non dobbiamo quindi stupirci che la figura 4 sia servita come base per il marchio della casa automobilistica tedesca BMW. E vero che l'orientamento degli assi nello spazio tende a far emergere come figura il disegno che coincide con la verticale e l'orizzontale, ma questa soluzione percettiva non è tanto forte da impedirci di vedere l'altra.

Di qui la dinamicità interna al marchio BMW che utilizza, colorandola, la configurazione di figura 4 (pro-

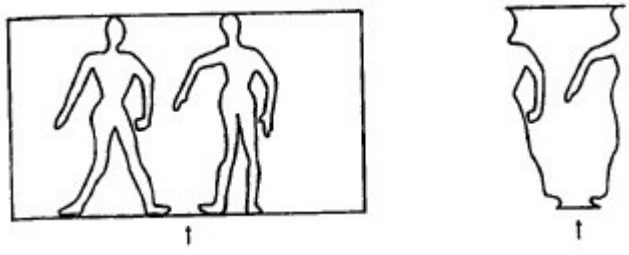


Fig. 2. Lo spazio tra le figure non ha forma.

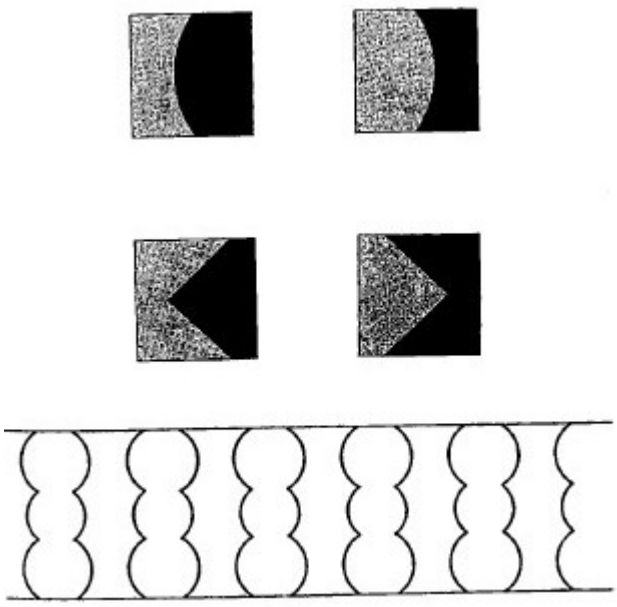


Fig. 3. La regione convessa diventa figura.

vate invece a riguardare il marchio della banca Chase, cfr. cap. II, fig. 3: è dinamico ma dà un'idea di stabilità e chiusura). Beninteso, tutto ciò veniva sfruttato dagli ideatori e costruttori di marchi e dai grafici molto prima che nascessero le scienze cognitive e le loro applicazioni nell'universo della pubblicità e del marketing.

Si guardi, ad esempio (cfr. fig. 5), il marchio di Giovanni da Colonia (1481), uno stampatore veneziano. A prima vista vediamo un segno bianco su uno sfondo nero, ma continuiamo a guardarlo: siamo così sicuri che il cerchietto bianco non sia un buco in un semicerchio nero?

La funzione unilaterale dei margini permette non soltanto di creare macchie ambigue (cfr. fig. 6) ma anche disegni incongrui, come la figura 7, dove la stessa linea deve fungere paradossalmente da margine di una colonna circolare (funzione unilaterale) e da spigolo di una colonna a base quadrata (funzione bilaterale). Il paradosso scompare se si guarda la figura interrompendola a metà con un dito messo di traverso. Provate: si vedono tre colonne sopra e due sotto.

Le scienze cognitive non procedono per ambiti disciplinari. Al contrario, sono i problemi, dei grumi di teoria e di fatti, che attraversano quelle che una volta erano discipline distinte: filosofia, psicologia, linguistica, neuropsicologia. Ad esempio, la nozione di «articolazione figura-sfondo» non è soltanto un pilastro della grammatica percettiva: è anche il punto di partenza per discutere la frantumazione della tradizionale dicotomia filosofica tra vedere e sapere, dicotomia che si è sciolta nell'intreccio tra percezione e cognizione. Tale intreccio è presente, ad esempio, nelle figure 8 e 9.

Fig. 4. Azione dell'orientamento lungo gli assi principali dello spazio.

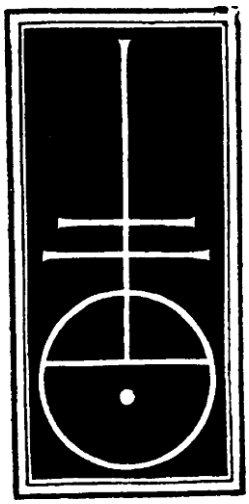
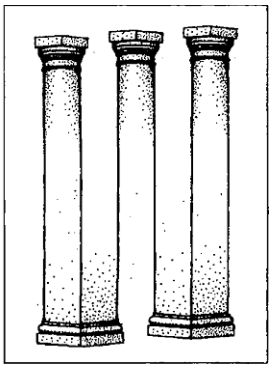


Fig. 5. Il marchio di Giovanni da Colonia



Figg. 6 e 7. Una figura ambigua (un suonatore o un viso di donna?) e una incongrua (tre o due colonne?).

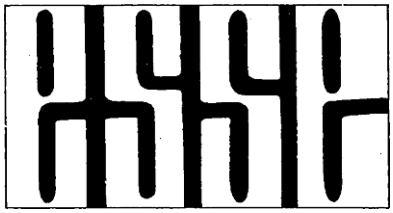


Fig. 8. Segni neri su sfondo bianco o lettere bianche su sfondo nero?

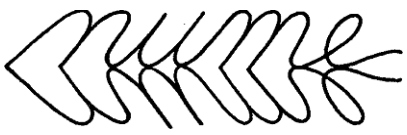


Fig. 9. Parola speculare o figura unitaria?

Immaginiamo di essere un analfabeta o uno straniero che non conoscono la nostra scrittura. Non potremmo leggere la parola ESSE, bianca su sfondo scuro (fig. 8), né la parola *nume* scritta specularmente due volte, in carattere corsivo (fig. 9). Qui la funzione unilaterale dei margini, che crea le figure ambivalenti, si

sposa con le conoscenze di chi «interpreta» quei segni che, altrimenti, resterebbero privi di significato e non identificabili.

2. Livelli della visione e modelli del cervello

Abbiamo visto come le conoscenze possano svolgere un ruolo nei processi di riconoscimento, ma soltanto una volta che la figura si sia organizzata a un primo livello, dopo quella che abbiamo chiamato la fase pre-attenti-va. Abbiamo già esaminato nel capitolo III una visione a basso livello, come nella figura 2a di Kanizsa che diventa di medio livello nella figura 2b, dove un cubo viene visto dietro tre strisce bianche. Infine, ecco un esempio di terzo livello in una figura reversibile, come la 6, che può essere vista come un suonatore o un viso femminile.

Più livelli nel passaggio tra percezione e cognizione, tra *dato* e *interpretato*: quello «basso» delle otto componenti della figura 2a (p. 40), che si organizzano tridimensionalmente in un disegno unitario nella figura 2b (p. 40) fino a quello «alto» della figura 6 che è il risultato di una interpretazione cognitiva. Benché la visione ci presenti il mondo come un'esperienza fluida, cangiante ma unitaria, le scienze cognitive hanno saputo n°n soltanto separare questi livelli ma analizzarne anche i correlati neurofisiologici nella corteccia cerebrale. Nei primati e nell'uomo più del 50 per cento della corteccia cerebrale è dedicato ai processi visivi, e questo è un indice della loro complessità. Tale complessità è emersa quando si è cominciato a cercare di simulare in sistemi artificiali le capacità visive dell'uomo:

> Noi tendiamo a dare per scontata la visione e ne sottovalutiamo i poteri quotidiani: vedere sembra facile ed immediato. Ma i progressi della visione artificiale degli ultimi vent'anni hanno fatto cadere questa illusione e hanno rivelato un dato che suona ironico. La visione non è solo intelligente, ma è più difficile da capire o riprodurre che il più sofisticato dei ragionamenti matematici. Infatti la visione pone problemi così difficili che l'intelligenza artificiale oggi è molto più preparata a sviluppare sistemi che potrebbero svolgere le funzioni di medici o di avvocati, piuttosto che a costruire robot in grado di sostituire i giardinieri o i cuochi.

Queste sono le conclusioni di due pionieri, Hurlbert e Poggio, di quell'importante campo di ricerca e di applicazione delle scienze cognitive che - grazie al lavoro di informatici, psicologi e ingegneri - si è dedicato al tentativo di replicare le capacità visive umane.

Le conclusioni sopra citate avrebbero stupito i primi filosofi, come Leibniz, che avevano sognato una macchina in grado di sostituire o integrare la razionalità umana. Per loro un sistema «intelligente», che fosse ad esempio capace di giocare a scacchi, avrebbe costituito l'ultimo traguardo, l'obiettivo estremo: sottovalutavano la simulazione della visione. Essi sono stati i primi a cadere nell'illusione descritta da Hurlbert e Poggio.

Abbiamo già accennato al fatto che il contributo delle scienze cognitive alla visione concerne anche lo studio delle basi neurofisiologiche. Per replicare la visione su un computer ci può far comodo sapere, come si è scoperto sulla base del confronto tra persone sane e persone con danni cerebrali, che il riconoscimento di visi, tipico esempio di visione di terzo livello, si basa su meccanismi cerebrali diversi da quelli preposti alla visione di oggetti. Queste ricerche hanno mostrato che la semplicità, la spontaneità e l'unitarietà della nostra percezione di scene visive è una sorta di illusione, dato che è il prodotto dell'interazione di meccanismi cerebrali complessi, il cui funzionamento ci è nascosto al punto che soltanto ingegnosi esperimenti e analisi dei ; danni cerebrali cominciano a darcene un'idea. È pro: prio questa «complessità», alla base delle difficoltà nell'individuare i meccanismi cerebrali, che rende altrettanto difficile costruire sistemi per la visione artificiale.

Le scienze cognitive si muovono su tre fronti collegati: capire le basi neurofisiologiche che producono i processi cognitivi, simularli e, infine, replicarli in sistemi artificiali. Paradossalmente sono le lesioni dell'organismo, cioè i guasti, che possono essere illuminanti e chiarificatori. Se una lesione localizzata in una parte della corteccia cerebrale si associa alla compromissione di uno specifico meccanismo cognitivo, allora è probabile che sia quella porzione della corteccia ad avere un (ruolo nella produzione di quell'attività mentale. Per procedere in questo modo è indispensabile avere modelli assai dettagliati del funzionamento della mente, in grado di consentire l'individuazione di quelli che abbiamo chiamato «moduli». Una volta che abbiamo costruito un modello preciso del processo, possiamo collegare ciò che non funziona alla lesione cerebrale. Negli ultimi anni, a queste metodologie centrate sullo studio delle conseguenze delle lesioni si sono affiancate

le tecniche di neuroimmagine, come la tomografia a emissione di positroni (PET) e la risonanza magnetica funzionale (FMR). Si tratta di tecnologie che permettono di «vedere» il cervello mentre lavora e di isolare così la parte deputata a una specifica funzione cognitiva, esaminando i cervelli di persone impegnate in un dato compito. Si tratta di tecniche che hanno reso popolari, grazie alla divulgazione giornalistica, i modelli del cervello. In realtà le cose non sono semplici, nel senso che i meccanismi coinvolti non sono riconducibili a una corrispondenza biunivoca tra una parte della corteccia e una funzione e viceversa. Infatti molti aspetti del funzionamento della mente sono associati all'attivazione di circuiti complessi, formati da aree connesse.

3. Articolazione figura-sfondo nel linguaggio e nella decisione

L'articolazione figura-sfondo non è appannaggio soltanto dei processi percettivi. Anche la segmentazione del discorso in unità linguistiche obbedisce a meccanismi analoghi. Consideriamo, ad esempio, due frasi che sul piano acustico sono identiche tranne che per la prima parola:

A. (Nella sua speranza di amare) (Anna è stata certamente delusa)

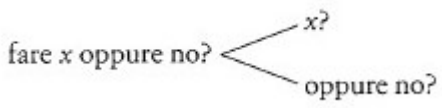
B. (La sua speranza di amare Anna) (è stata certamente delusa)

Noi possiamo far ascoltare queste frasi a una persona con un auricolare inserendo un breve rumore, come un «clic» di un interruttore, in corrispondenza di «Anna». Dato che il flusso acustico delle due frasi viene suddiviso in due unità dalle leggi della grammatica linguistica, quello che le persone sentono è un clic collocato all'intersezione delle due frasi, per così dire sullo «sfondo». Le due frasi diventano «figura» e spostano il clic in modo che si collochi in concomitanza con il loro confine, cioè sullo sfondo. Quindi il rumore viene sentito prima di «Anna» nel caso della frase *A* e dopo «Anna» nel caso della frase B.

Questo esperimento - condotto da Garrett, Bever e Fodor nel 1965 - ha inaugurato una linea di ricerca che mostra come sia le informazioni visive sia quelle acustiche vengano organizzate sulla base di una grammatica che obbedisce a pochi e semplici principi.

L'articolazione figura-sfondo organizza la formazione di oggetti nell'ambiente percepito, ma anche processi superiori come la decisione. Immaginate un paese in cui l'assetto politico sia bipolare. In occasione delle elezioni politiche si contrappongono due poli elettorali capeggiati da *X* e da *Y*. Immaginate di domandare a un gruppo di persone incerte: «Che cosa vorresti sapere per decidere se votare *X* oppure no?»; provate poi a chiedere a un altro gruppo analogo: «Che cosa vorresti sapere per decidere se votare *X* oppure Y?». Queste due diverse formulazioni della domanda sembrano equivalenti (nelle recenti elezioni italiane, ad esempio, votare per Berlusconi voleva dire non votare per Rutelli e viceversa). Eppure diversi esperimenti condotti in situazioni di questo tipo ci permettono di prevedere che il tipo di richieste di informazione da parte dei due gruppi di persone sarà diverso.

Le persone a cui si presenta il problema in questi termini: «Che cosa vuoi sapere per decidere se votare *X* oppure Y» si informano in parallelo su *X* e Y in rapporto alle dimensioni di giudizio che stanno loro a cuore (è più preparato *X* o Y? è più onesto X o Y? e così via). Viceversa, le persone cui si presenta il problema in questi termini: «Che cosa vuoi sapere per decidere se votare *X* oppure no», tendono a fare domande centrate su X e tralasciano di informarsi sull'unica alternativa possibile (cioè su Y). Questo accade anche nei casi in cui questa alternativa non è affatto nota, come quando diciamo a una persona: «Fammi tutte le domande che vuoi per decidere se questa sera andiamo al cinema oppure no». Le richieste di informazioni saranno infatti inizialmente concentrate sulla possibilità «cinema» (che film danno, orari e così via). Solo quando l'eventualità «andare al cinema» viene scartata, in quanto del tutto non attraente, si comincia a cercare informazioni sulle alternative. In termini generali, una decisione del tipo:



non viene presa informandosi in parallelo sulle due alternative per scegliere poi la migliore. L'alternativa x è diventata «figura», mentre le possibili scelte che stanno «dietro» a «oppure no» rimangono sullo sfondo. E necessario un rifiuto di *x* e un'inversione figura-sfondo, come nelle configurazioni percettive, per scandagliare quello che vorremmo sapere qualora non si opti per x

In questo caso, tuttavia, l'articolazione figura-sfondo ci gioca un brutto tiro. Può darsi che la o le alternative a *x* sarebbero, se esplorate, molto più gradite. Eppure queste possibilità non vengono neppure prese in considerazione qualora *x* ci appaia, dopo la raccolta iniziale di informazioni, soddisfacente. L'unica e magra consolazione è che non avremo rimpianti, dato che non sapremo mai quello che abbiamo perso.

4. Filtri

Abbiamo visto che le informazioni provenienti dal mondo esterno vengono progressivamente filtrate. I filtri più periferici, come quelli della visione e della memoria iconica, agiscono indipendentemente dalla nostra volontà, anche se possono essere guidati dall'attivazione delle nostre conoscenze. Ma perché abbiamo bisogno di filtri? Il nostro sistema cognitivo è limitato, non può sovraccaricarsi e quindi funziona «a collo di bottiglia»: bisogna abbandonare qualcosa per strada per riuscire ad attraversare il collo della bottiglia. Via via che passiamo dalla periferia al centro, troviamo sempre meno spazio per depositare le informazioni. Del filtro costituito dalla memoria iconica abbiamo già parlato quando abbiamo trattato la visione e l'attenzione. Il filtro successivo più potente è quello costituito dalla memoria a breve termine (MBT).

Poniamo di guardare la televisione e di essere riusciti a concentrare l'attenzione su un numero di telefono di sei cifre presentato sullo schermo. Oppure immaginiamo che un amico ci telefoni e ci trasmetta verbalmente lo stesso numero di telefono. Indipendentemente dal fatto che la fonte periferica sia visiva o acustica, come facciamo a memorizzare questa informazione? Siamo in grado di passarla direttamente in quella che siamo soliti chiamare «memoria», dove troviamo depositate tutte le informazioni che ci interessano, pronte per essere ripescate? In realtà, non possiamo trasferirla direttamente in questa memoria, che gli psicologi chiamano «memoria a lungo termine» (MLT). Dobbiamo compiere **un**'operazione analoga a quella che facevamo quando imparavamo, da piccoli, poesie a memoria. Siamo cioè costretti a ripetere la stessa informazione, più volte, per poterla fissare in vista di un successivo recupero. Solo un certo numero di ripetizioni permette di passare dalla MBT alla MLT. Ad esempio, nel caso del numero di telefono dobbiamo ripeterlo mentalmente finché non lo registriamo sulla nostra agenda, che è una sorta di memoria esterna. Poi, a forza di usarlo, passerà finalmente in quel grande deposito che è la memoria a lungo termine (MLT), quella che comunemente chiamiamo memoria.

Le ricerche di neuropsicologia hanno dimostrato che MLT e MBT sono funzionalmente diverse anche a livello di corteccia cerebrale. Milner, nel 1966, studiando il paziente H.M., che aveva subito un'operazione al cervello nel tentativo di guarire una forma di epilessia altrimenti intrattabile, mostrò come l'operazione sull'ippocampo avesse determinato una perdita definitiva delle capacità della MLT. Il paziente, infatti, non riconosceva più facce e ambienti a lui da sempre noti e familiari. Viceversa, le funzioni della MBT non erano state intaccate: H.M. riusciva, ad esempio, a registrare numeri di telefono o serie di cifre e a ripeterle anche in senso inverso. Un deficit di memoria complementare venne studiato nel 1970 da Shallice e Warrington: un paziente, K.F., era incapace di ripetere più di due cifre benché la sua memoria a lungo termine fosse rimasta inalterata (la sua lesione era in una zona dell'area sinistra del cervello).

Una volta che le informazioni sono depositate nella MLT, è possibile tirarle fuori e rielaborarle, sia ricomponendole e ristrutturandole sia confrontandole con quanto viene via via depositato nella MBT. Anche in questa fase finale agisce un filtro potente, che esamineremo nel prossimo capitolo, dedicato ai rapporti tra linguaggio e pensiero.

VII - Linguaggio e pensiero

1. Protesi cognitive

Abbiamo detto che le scienze cognitive non hanno più di quarantanni di vita. Nel corso di questi quarant'an-ni è stata via via definita e analizzata quella serie di filtri che agiscono dalla periferia del nostro sistema fino al centro. In parallelo alla comprensione dei limiti della nostra razionalità che derivano da questi processi «a collo di bottiglia», alla comprensione cioè dei vincoli biologici del nostro sistema, siamo riusciti a compiere - grazie alle tecnologie - una serie di operazioni di arricchimento. Abbiamo creato delle protesi cognitive, cioè degli ausili esterni alla mente, che ne aumentano sia la potenza di comunicazione e di memoria sia la potenza di pensiero. Per quanto concerne la comunicazione siamo riusciti ad annullare i vincoli spazio-temporali con l'invenzione dei telefoni, fissi e poi mobili, e infine con la posta elettronica. I limiti della memoria umana sono stati aggirati creando enormi memorie artificiali esterne a cui possono accedere simultaneamente moltissime persone. Di qui, ad esempio, i vari sistemi ai prenotazione di alberghi, aerei e altri mezzi di trasporto. Infine, è stata creata una fittissima e articolata rete di informazioni che siamo soliti chiamare Internet. Via via che comprendevamo i limiti delle nostre menti individuali, riuscivamo, in parallelo, a compensarli inventando sistemi condivisibili da più menti.

Questo percorso di arricchimento era in realtà iniziato prima della nascita delle scienze cognitive e ne possiamo constare gli effetti, tra l'altro, nella graduale trasformazione delle attività artistiche. Così come le protesi cognitive hanno integrato le menti individuali, via via che lo sviluppo tecnologico introduceva un nuovo *medium*, la sua diffusione influenzava le attività di comunicazione ed espressione artistica precedenti:

> L'avvento della stampa ha cambiato la funzione, prevalentemente educativa, delle immagini dipinte o scolpite nelle cattedrali. L'avvento della fotografia non ha annullato la funzione della pittura, ma certamente ne ha trasformato i fini e il destino, lasciandole via libera per la sperimentazione formale, fino all'astrattismo. L'avvento del cinema non ha distrutto il teatro ma gli ha sottratto quella funzione «narrativa» tipica della tragedia, della commedia e persino del dramma lirico. La televisione ha spinto il cinema a forme estreme di spettacolarizzazione (come il cinemascope e gli effetti speciali) che non erano consentite dal piccolo schermo.

Questa sintesi di Umberto Eco va integrata con l'analisi degli effetti dell'ultima trasformazione tecnologica, il computer. Il cuore delle scienze cognitive è infatti il rapporto tra mente naturale e menti artificiali, rese possibili dai computer. I computer hanno soltanto memorie più potenti o funzionano in modo diverso dalla niente umana?

Per cercare di rispondere a questa domanda dobbiamo esaminare l'ultimo e il più cruciale dei filtri attentivi e cognitivi. Quest'ultimo filtro non agisce lungo il cammino delle informazioni dalla periferia fino al momento in cui vengono depositate nella MLT. Riguarda la fase successiva, quando cioè costruiamo un modello guidati dagli schemi e dalle conoscenze già depositati in memoria.

Partiamo da un esempio assai semplice. Immaginiamo di stare giocando a carte. Ci viene trasmessa la seguente informazione sulla composizione della mano di carte di un giocatore:

> Se c'è un asso allora c'è un re

Che cosa penseremo di quella mano di carte? Per solito tutte le persone si costruiscono mentalmente un modello di questo tipo:

> asso re

Sulla base di questo modello mentale della situazione, le persone inferiscono agevolmente che l'eventuale presenza di un asso nella mano di carte comporta anche la presenza di un re. Questo è però un modello incompleto della situazione. Si tratta di un modello incompleto perché sono state filtrate ed eliminate tutte le informazioni relative a quello che è falso. Quali sono queste informazioni? La più importante è la seguente:

> È falso che, se non c'è un re, ci sia un asso

Mentre è molto facile inferire, data l'informazione iniziale, che la presenza di un asso comporta anche la

presenza di un re, non è altrettanto facile inferire che l'assenza di un re comporta necessariamente l'assenza di un asso. Questa asimmetria era nota da secoli a tutti gli insegnanti di logica. Essi sapevano che i loro allievi capivano subito uno schema inferenziale del tipo *modus ponens*, mentre era meno spontaneo impadronirsi di uno schema inferenziale come il *modus tollens:*

MODUS PONENS

1) Informazione: se c'è un re allora c'è un asso

2) Constatazione: c'è un re

3) Conclusione: quindi c'è un asso

MODUS TOLLENS

1) Informazione: se c'è un re allora c'è un asso

2) Constatazione: non c'è un asso

3) Conclusione: quindi non c'è un re

Quello che non era noto agli insegnanti di logica dei secoli scorsi era che questa difficoltà particolare dipende da un principio molto generale, chiamato «principio di verità». Questo principio riguarda il filtro più potente della nostra mente: la tendenza a rappresentarsi il vero e a trascurare il falso. Il principio funziona press'a poco come l'articolazione figura-sfondo: le informazioni relative a ciò che è vero spiccano, mentre quelle relative a ciò che è falso restano sullo sfondo. Questo principio ha una ben precisa funzione, così come avevamo visto nel caso degli altri filtri. Data l'estrema limitatezza dello spazio disponibile nella memoria a breve termine - quella su cui depositiamo le informazioni via via che ci vengono date (nella conversazione, nella lettura e in miriadi di altri casi) - noi preferiamo in prima istanza rappresentarci quello che per solito è più utile. Risparmiamo così il poco spazio che è disponibile per collocarci *soltanto* una parte delle inferenze possibili a partire da quanto ci viene detto o da quanto sappiamo già.

2. Il principio di verità

Philip Johnson-Laird, che per primo ha scoperto e studiato il principio di verità, ha proceduto nel modo tipico di uno scienziato cognitivo. Ha costruito un programma per computer che funzionava con rappresentazioni incomplete e lo ha confrontato con un programma che funzionava con rappresentazioni complete. Ha così individuato i casi in cui la mancata rappresentazione di ciò che è falso provoca delle illusioni cognitive altrettanto forti delle illusioni percettive. Il funzionamento del principio di verità, come quello degli altri moduli cognitivi, è totalmente impenetrabile: noi ci accorgiamo, e non sempre, solo delle sue conseguenze. Ma grazie al programma costruito da Johnson-Laird è possibile scoprire l'esistenza di queste «illusioni infe-renziali» o «illusioni nel ragionamento».

Provate, ad esempio, a leggere questo problema. Vi si chiede di ricavare una conclusione circa il contenuto di un'ipotetica mano di carte:

Una sola delle due seguenti descrizioni, relative a una mano di carte, è vera:

1) Se nella mano c'è un asso, allora c'è un 2.

2) Se nella mano c'è un re, allora c'è un 2.

Che cosa ne consegue?

Provate a rispondere prima di continuare a leggere.

Se rispondete come la grande maggioranza delle persone, concluderete che nella mano c'è un 2. Sappiamo infatti che una sola delle due descrizioni è vera. Ora, se è vera l'informazione 1, costruiamo il seguente modello mentale:

asso 2

Se è vera l'informazione 2, costruiamo il seguente modello mentale:

re 2

A questo punto concludiamo: non m'importa sapere se le cose stanno come in 1 o in 2. So che una delle due ipotesi è vera, descrive cioè il contenuto di quella mano di carte. Quindi non so se nella mano c'è un re o un asso, ma so che di sicuro ci sarà nella mano un 2. Questo è quello che posso concludere per certo.

La conclusione a cui siamo giunti ricorda una vecchia storia raccolta da Teluchkin in un libro dedicato al *Jewish Humor:*

> Paderewski, premier della Polonia dopo la prima guerra mondiale, stava discutendo i problemi del suo paese con il presidente Woodrow Wilson. «Se le nostre richieste non verranno accolte, prevedo grandi turbamenti nel mio paese. La gente sarà così arrabbiata che molti si metteranno a massacrare gli ebrei». «E che cosa succederà se le vostre richieste verranno accolte?» chiese Wilson. «La gente sarà così felice che molti si ubriacheranno e si metteranno a massacrare gli ebrei» rispose Paderewski.

Così come in ogni modo gli ebrei se la sarebbero comunque passata male, nel problema scovato da Johnson-Laird con il suo programma sembra che in ogni modo in quella mano di carte ci sarà un 2. E invece le cose non stanno così. In quel problema si annida un crampo mentale governato dal «principio di verità». Infatti, se è vera la descrizione 1, allora la 2 è di sicuro falsa. Ricordate infatti che sappiamo che una sola delle due descrizioni 1 e 2 è vera. Che cosa implica il fatto che la 2 sia falsa? Vuol dire che nella mano c'è un re e non ce un 2. Conclusione: se è vera la 1, allora la 2 è falsa e non ce un 2 nella mano. Proviamo ora a supporre che sia vera la descrizione 2. Se è vera la 2, allora la 1 è di sicuro falsa. Se la 1 è falsa, allora nella mano c'è un asso e non c'è un 2. Conclusione: di sicuro nella mano non c'è un 2. Riassumendo: non sappiamo se nella mano c'è un re o c'è un asso, ma di sicuro non c'è un 2. La conclusione corretta è proprio l'opposto di quella che viene spontanea alla prima lettura!

Ci sono molti altri tipi di «illusioni» nel ragionamento. Tutte sono accomunate dal fatto che la nostra mente costruisce delle rappresentazioni incomplete dei problemi senza che noi ce ne rendiamo conto. Ecco un altro modo di manifestarsi dell'inconscio cognitivo. L'incompletezza delle rappresentazioni avviene senza che ce ne rendiamo assolutamente conto. Anzi, è persino difficile, in molti casi, spiegare qual è la rappresentazione corretta del problema.

È plausibile supporre che l'evoluzione della specie abbia favorito una soluzione di compromesso che tiene conto dei limiti biologici della memoria a breve termine. Costruiamo rappresentazioni incomplete per sfruttare al meglio le nostre limitate risorse cognitive. Esiste quindi un unico apparato che possiamo chiamare «inconscio cognitivo»? In realtà non esiste. E una nozione da noi introdotta per raggruppare tutti i modi di funzionare della mente di cui non ci si rende conto. Oggi sappiamo che, dietro a questa etichetta, ci sono in realtà meccanismi specifici e diversi: le grammatiche percettive, la memoria iconica, l'attenzione, il ragionamento e così via. Se si è voluto raggruppare tutti questi meccanismi nel cosiddetto inconscio cognitivo, lo si è fa[f]to semplicemente per distinguerlo dal suo parente più noto al grande pubblico: l'inconscio freudiano. In conclusione, dobbiamo raggruppare i fenomeni cognitivi non sulla base della psicologia ingenua (di che cosa ci rendiamo conto?), bensì in funzione dell'azione di meccanismi molto generali, come il principio di verità. Non si pensi peraltro che questo sia un problema che investe soltanto la psicologia cognitiva. E una questione centrale per tutte le scienze cognitive. In particolare, si sono studiate le varie forme di sapere tacito che attraversano e permeano le organizzazioni. Così come l'individuo non è consapevole dei suoi meccanismi cognitivi, le organizzazioni non posseggono un sapere codificato del loro modo di

comportarsi e decidere. La questione è stata analizzata a fondo anche per i suoi risvolti applicativi: essendo i saperi taciti molto più difficili da trasferire di quelli codificati, le scienze cognitive devono fornire gli strumenti per la formazione di chi «entra» nelle organizzazioni dove non tutte le procedure sono codificate (a questo problema è dedicato tutto il numero di giugno 2000 della rivista «Industriai and Corporate Change»).

3. Progettazione alla rovescia e falsificazione

Poniamo che ci venga presentata la seguente tripletta di numeri:

2 4 6

e ci venga proposta una sorta di gioco. Si tratta di risolvere il seguente problema: in base a quale regola è stata prodotta quella serie di tre numeri? Si tratta ovviamente di un problema mal definito. Moltissime regole possono produrre quella serie:

a) tre numeri pari

b) tre numeri che crescono per due

c) tre numeri di cui il primo è la metà del secondo e un terzo del terzo

e così via. Ma quale, tra le molte regole possibili, è stata impiegata? Conosciamo la tripletta iniziale ma non sappiamo quale sia la regola con cui è stata generata. Insomma, abbiamo a che fare con un problema mal definito che richiede una progettazione alla rovescia. Non ce risposta al quesito che ci è stato fatto o, meglio, c'è più di una risposta.

Supponiamo però che il nostro amico, che ci ha presentato il problema, ci venga in aiuto e ci dica:

> Adesso tu mi proporrai altre triplette. Per ciascuna di esse io ti dirò se segue la regola con cui ho prodotto l'esempio iniziale. Scriverò la regola su questo pezzo di carta, così puoi essere sicuro che non la cambio. Se i singoli esempi che via via mi presenterai seguono la regola ti dirò: «Sì», altrimenti ti dirò: «No».

A questo punto fermatevi nella lettura e pensate quali esempi proporreste al vostro amico. Se vi comportate come la maggioranza delle persone a cui è stato proposto questo problema, inizierete con esempi del tipo: 8, 10, 12, cioè con triplette di numeri pari che crescono per due. A seconda di quanto siete sicuri di voi stessi, ne proporrete un numero più o meno grande. Ad esempio:

8 10 12 16 18 20 22 24 26

e così via. Otterrete per ogni esempio un «sì». A un certo punto concluderete che la regola che il vostro amico ha scritto sul foglio è: «Numeri pari che crescono per due». Questo è il modo di procedere che risulta spontaneo alla maggioranza delle persone. Dopo aver presentato un numero più o meno grande di esempi ed essersi sentiti dire che vanno bene, deciderete che la regola giusta è proprio quella usata per proporre quegli esempi.

Ecco un altro esempio delFapplicazione del principio di verità. Non ci passa per la testa di immaginare che la prima ipotesi che ci viene in mente sia falsa. Se avessimo questo dubbio, procederemmo probabilmente in altro modo. Considereremmo la tripletta iniziale come composta di tre numeri pari che crescono per due e ci domanderemmo: siamo sicuri che sia così? Proviamo con tre numeri dispari. Se mi viene detto che sono sempre un esempio della regola, vuol dire che non è rilevante che i numeri siano pari. Poi proveremmo con un'altra tripletta, ad esempio 2,7,11, per testare se è rilevante che crescano per due. Infine ci domanderemmo: «È rilevante che crescano? può darsi che si tratti di tre numeri qualsiasi». A questo punto proponiamo una tripletta di tre numeri che scendono, ad esempio, 11,7, 2. Se ci viene detto: «No», ecco che abbiamo scoperto la regola: «tre numeri crescenti». Basta che il primo numero sia inferiore al secondo e il secondo al terzo: questa era la regola impiegata per produrre l'esempio iniziale. Solo partendo dall'assunto che l'ipotesi spontaneamente evocata dal primo esempio (2, 4, 6) fosse falsa si può arrivare a scoprire la verità.

4. Figura e sfondo nelle decisioni

Il principio di verità è un filtro molto potente: lascia sullo sfondo la falsità e mette in luce la verità. La sua azione emerge soltanto in problemi astratti, presentati a persone nel corso di esperimenti, come nei casi discussi finora? In realtà questi problemi astratti servono a isolare il principio, così come facciamo quando studiamo la visione con figure prive di significato, che non si ricollegano alle nostre conoscenze. Ma così come la visione di terzo livello, quella in cui entrano in gioco i significati, è guidata dai meccanismi percettivi del primo livello, il principio di verità influenza anche decisioni concrete, che prendiamo nel corso della vita quotidiana. Il fatto che, grazie a modelli semplificati, vengano perse informazioni e vengano selezionati alcuni modi di vedere le cose può essere d'aiuto nel concentrarci su ciò che è essenziale. Altre volte, purtroppo, la costruzione di modelli incompleti conduce a errori di giudizio perché non prendiamo in considerazione l'alternativa che si sarebbe rivelata cruciale.

L'analisi di celebri incidenti dovuti a errori umani ha confermato la nostra tendenza, soprattutto se pressati dal tempo o abituati a routine decisionali consuetudinarie, a trascurare informazioni in conseguenza di modelli semplificati del contesto decisionale. Ad esempio, gli operatori della centrale nucleare di Three Mile Island spiegarono l'alta temperatura di una valvola di scarico nei termini di una perdita perché nel modello che si erano fatti della situazione di crisi non era stata prevista la possibilità che la valvola fosse bloccata. Il capitano del *ferry-boat* inglese che traversava la Manica, *The Herald ofFree Enterprise*, inferì che i portelloni della nave fossero stati chiusi sulla base della posizione della nave rispetto al porto e omise di controllarne personalmente la posizione (il modello semplificato è effetto di routine decisionali). In tutti questi casi la tendenza a costruire modelli che tendono a verificare e non a falsificare le nostre ipotesi o che, addirittura, «filuano» la realtà ha prodotto errori disastrosi.

Alcuni incidenti riproducono esattamente le difficoltà cognitive studiate in laboratorio. All'inizio abbiamo accennato ai motivi per cui la conclusione di un ragionamento basato sul *modus tollens* non sia immediatamente evidente come quella ricavata da un *modus po-nens*. Questa difficoltà è all'origine del tragico incidente del volo 007 delle linee aeree coreane, abbattuto per errore dai sovietici in quanto il volo era sconfinato per centinaia di miglia nel loro territorio. Come mai i piloti non si erano accorti di essere fuori rotta? Al primo pilota era sorto un dubbio, e aveva detto al secondo pilota: «Se l'aereo è sulla rotta giusta, sotto di noi c'è il mare». Il secondo pilota ribatté: «Vedo terra». A questo punto avremmo potuto aspettarci che il primo pilota concludesse che l'aereo non era sulla rotta giusta. Invece l'inferenza non era così facile da fare, trattandosi di un *modus tollens*. Il pilota, stanco, non la fece, cambiò discorso e pochi istanti dopo venne tragicamente abbattuto dalla contraerea sovietica.

L'analisi delle cause di questi e di altri incidenti ha messo in luce gli aspetti negativi derivanti dalla tendenza della mente umana a prendere decisioni adottando strategie basate su modelli semplificati della realtà. Quando abbiamo introdotto la nozione di «modello» abbiamo fatto riferimento a procedure adottate in modo consapevole e meditato. Quando un architetto fa un modello di un prototipo, egli decide che cosa inserire e che cosa escludere dal modello in funzione di quelle che abbiamo chiamato «proprietà emergenti». I modelli mentali di cui abbiamo parlato in questo capitolo sono invece il risultato di strategie di cui non siamo consapevoli, strategie cioè che la nostra mente adotta in modo automatico. Il principio di verità, che è alla base di queste strategie, non è il frutto dell'adozione deliberata di un filtro. Proprio come i principi di organizzazione della visione, anch'esso funziona indipendentemente dai nostri giudizi consapevoli. Questa automaticità è alla base della sua efficienza e della sua inefficienza. Se fossimo costretti a portare tutte le informazioni nella memoria a breve termine e a eliminarle successivamente, la sua funzione di filtro preventivo verrebbe a mancare. Il fatto è che talvolta queste strategie inconsapevoli di riduzione, invece di essere un aiuto, sono proprio quelle che contribuiscono a nascondere alla nostra mente un aspetto della realtà che è cruciale per prendere una decisione «adattiva». Proprio per questo sono state messe a punto delle strategie di pensiero, che possono venire insegnate e apprese, volte a eliminare questi automatismi. Soprattutto quando un operatore umano deve interagire con una macchina, è opportuno che lo faccia sulla base di procedure pre-codificate, come fa un pilota prima di mettersi in volo. Un capitolo molto importante delle scienze cognitive è costituito dalla «ergonomia cognitiva», cioè dallo studio dei carichi percettivi e delle strategie di pensiero più adatti per interagire con sistemi artificiali.

Il quadro generale che emerge da queste ricerche teoriche e applicate è quello di una mente fortemente vincolata sul piano biologico, che ha cercato nel corso dell'evoluzione di sopperire ai suoi limiti rendendo

automatiche delle procedure di semplificazione basate su modelli incompleti del mondo. Oggi, alle prese con ambienti tecnologicamente sofisticati, queste strategie, frutto di un adattamento millenario all'ambiente, si rivelano spesso delle trappole. Nel prossimo capitolo affronteremo i risvolti sociali di queste problematiche sulla base di un importante e versatile strumento delle scienze cognitive, la teoria dei giochi.

VIII - Scienze cognitive e società

1. Modelli dell'interazione

Le scienze cognitive non si sono dedicate soltanto all'analisi dei meccanismi grazie ai quali il corpo di un individuo produce una mente che ha determinate funzioni, capacità e vincoli biologici. Hanno anche cercato di trasferire la nozione di adattamento - che è cruciale per la comprensione dell'evoluzione naturale delle specie - alla comprensione di entità complesse. Hanno così applicato la genetica e la biologia molecolare allo studio delle colture alimentari e alla loro storia. Queste discipline, insieme all'etologia (lo studio comparato del comportamento) e all'ecologia (lo studio delle nicchie ecologiche, cioè degli ambienti propri di ogni specie), sono state utilizzate per comprendere i processi di domesticazione degli animali, mentre la biologia molecolare ci ha permesso di capire il ruolo di virus e batteri nella diffusione delle civiltà. E stato così possibile tracciare dei grandi affreschi storici dello sviluppo delle civiltà con gli strumenti della storia naturale, spiegando le differenze tra i popoli in termini di differenze ambientali e quindi di adattamenti diversi. Approcci neo-darwinisti sono stati estesi alla storia della tecnologia e alla storia dell'evoluzione e della selezione di organizzazioni come le imprese. Qui non c'è lo spazio per fare un resoconto approfondito di tali analisi e mi limiterò a ricordare quello che forse è l'affresco più completo e affascinante, ovvero la storia del mondo negli ultimi tredicimila anni di Jared Diamond.

Accennerò peraltro allo strumento analitico più potente ed euristico a disposizione delle scienze cognitive per analizzare non solo le interazioni sociali di singoli attori, ma anche di organizzazioni, persino di Stati. Si tratta della teoria dei giochi, messa a punto negli anni Quaranta dall'economista Oscar Morgenstern e dal più importante e creativo protagonista delle scienze cognitive, John von Neumann, nato in Ungheria nel 1903 e morto nel 1957 negli Stati Uniti, dove si era trasferito insieme a molti altri scienziati europei (collaborò al progetto Manhattan, quello per la creazione della bomba atomica). Grande matematico, considerato l'ingegno più eclettico del secolo scorso, von Neumann diede un contributo essenziale alla teoria degli automi e alle basi teoriche per lo studio dei rapporti tra cervello e computer. Si tratta di lavori fondamentali, ma molto tecnici. Il suo contributo pionieristico alla teoria dei giochi ha invece fornito uno strumento di modellizzazione delle interazioni tra attori che può diventare molto formale, ma che nei suoi fondamenti è semplice ed è stato largamente applicato da economisti, sociologi, psicologi e politologi.

Partirò con il paradigma classico, detto «dilemma del prigioniero».

Si consideri la situazione seguente:

> Due ladri, AeB, sono rinchiusi in due celle separate. Un poliziotto dice ad *A:* «Se tu confessi, ti lascio libero e faccio condannare il tuo compare *B* a cinque anni di galera. Un mio collega sta facendo la stessa offerta a *B.* Ora, se lui confessa e tu no, lui esce e tu stai dentro per cinque anni. Tieni conto che se tutti e due confessate, vi condanniamo entrambi a tre anni. Invece, se nessuno dei due confessa, abbiamo prove sufficienti per condannare entrambi ad un anno. Pensaci bene!».

Dal punto di vista di una scelta razionale, ad *A* conviene confessare (e quindi fare defezione rispetto a *B,* dato che (confessando lo tradisce). Infatti, *qualsiasi cosa* faccia *B,* tale scelta risulterà per *A* sempre la più conveniente. Se *B* coopera (cioè non confessa), ad *A* converrà fare defezione perché in tal caso uscirà di galera. Se invece *B* fa defezione (cioè confessa), per *A* sarà preferibile comunque aver defezionato, perché così facendo dovrà scontare tre anni in prigione e non cinque come nel caso in cui avesse scelto la cooperazione. Insomma, cercando di perseguire il proprio interesse, i due giocatori arriveranno alla soluzione della mutua defezione, che rappresenta l'unico punto di equilibrio di questo dilemma. Al di là dell'esempio specifico, molti scenari sociali ci pongono di fronte all'opzione tra cooperazione e defezione (denunciare i propri redditi al fisco oppure no? pagare il biglietto in un mezzo pubblico o viaggiare senza? e così via).

Provate ora a immaginarvi che invece di pene maggiori o minori, come nell'esempio dei prigionieri, la

posta in gioco sia costituita da quantità di denaro. Possiamo considerare una situazione generale in cui la defezione è un caso particolare di competizione, la collaborazione un caso particolare di cooperazione e i risultati delle scelte sono utilità maggiori o minori (espresse in somme di denaro)- Ad esempio, il lettore immagini di dover incontrare una sola volta un altro giocatore, il signor X, in un gioco in cui i possibili guadagni sono indicati nella matrice di figura 1.

		Altro (*X*)			
		Coopera		Compete	
Tu	Cooperi	Tu:	75	Tu:	25
		Altro:	75	Altro:	85
	Competi	Tu:	85	Tu:	30
		Altro:	25	Altro:	30

Fig. 1. Punteggi rispettivi ottenuti da due giocatori (tu e l'altro) in un gioco del tipo «dilemma del prigioniero» a una sola mossa.

I punteggi dei vari casi possibili indicano quanto il lettore, che immaginiamo essere uno dei due giocatori, ottiene in funzione delle scelte di cooperazione o di competizione dell'altro giocatore (il signor X).

La matrice descrive questo scenario strategico: se entrambi (il lettore e l'altro giocatore X) cooperate, ottenete 75 punti a testa. Se entrambi scegliete la competizione ottenete 30 punti a testa. Se il lettore coopera e X compete, il lettore ottiene 25 punti e l'altro 85. Viceversa il lettore ottiene 85 e X ottiene 25 nel caso in cui il lettore sceglie di competere mentre X decide di cooperare.

Ancora una volta, la struttura del problema è tale che, indipendentemente dalla scelta altrui, ogni giocatore fa più punti competendo che cooperando. Tuttavia, se entrambi cooperano ottengono un punteggio complessivo maggiore che nel caso in cui entrambi competano. Trasformando così l'esempio iniziale possiamo analizzare le scelte di competizione e cooperazione in diversi tipi di scenari.

2. *Teoria dei giochi e razionalità limitata*

Quando due persone si incontrano più volte di seguito in un gioco che ha la struttura del dilemma del prigioniero, tende a emergere una strategia del tipo definito *tit/ortat*, espressione che può essere tradotta come «occhio per occhio, dente per dente». Secondo tale strategia, si comincia con il cooperare e poi si prosegue ripetendo, di volta in volta, le mosse dell'avversario. Ci si adatta, cioè, allo stile altrui. Ma che cosa succede se dobbiamo incontrare una sola volta un partner sconosciuto? Dato che giochiamo ignorando qual è la sua scelta, siamo di fronte a un bivio. Proviamo a rappresentare la matrice precedente trasformandola in una sequenza di mosse nel tempo, come in figura 2, e indicando l'incertezza con un punto interrogativo.

Come si è detto, la struttura del gioco è tale che, qualsiasi sia la scelta di X, risulta più conveniente competere. E in effetti, la maggioranza delle persone interpellate quando sanno per certo che l'altro ha scelto di cooperare (ramo in alto), decidono di competere, portandosi a casa il massimo punteggio possibile: 85 punti. Se invece sanno che l'altro ha deciso di competere (ra-

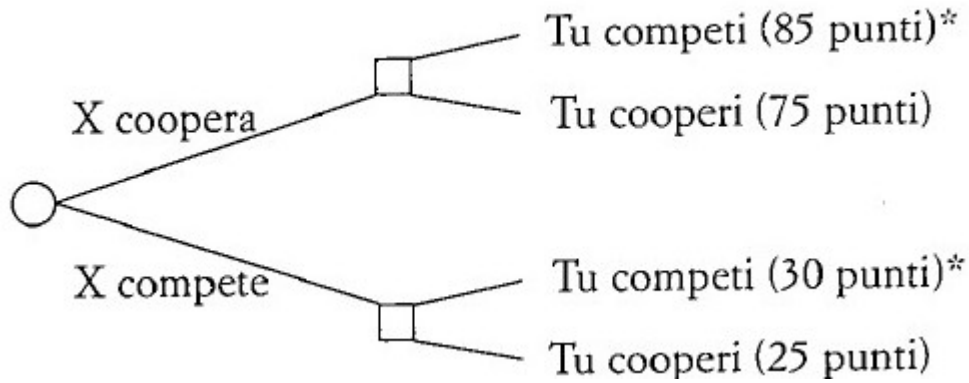


Fig. 2. Diagramma ad albero per il dilemma del prigioniero: il cerchio indica le due possibili mosse dell'altro (X), i quadrati le tue possibili scelte con i relativi guadagni, l'asterisco la scelta più conveniente in risposta alla mossa di X.

mo in basso), competono anche loro guadagnando 30 punti (sempre meglio dei 25 che otterrebbero se cooperassero!). Fin qui nessuna meraviglia: sanno quale ramo del bivio devono percorrere e valutano correttamente le conseguenze di quello specifico percorso.

Ma come si comportano quando non sanno che strada devono imboccare al bivio? Quando cioè non sanno qual è la scelta di X? Qui avviene un fatto curioso: la maggioranza della gente, quando deve scegliere al buio, decide di cooperare. In questa condizione non è possibile imboccare un ramo specifico e valutarne le conseguenze. Si verifica così un curioso comportamento, dovuto a una rappresentazione incompleta del problema che emerge quando ignoriamo la scelta dell'altro giocatore. Le stesse persone che avevano optato per una soluzione competitiva sia di fronte a un avversario che aveva scelto la competizione, sia di fronte a un avversario che aveva scelto la cooperazione, scelgono la cooperazione quando non sanno qual è stata o quale sarà la scelta dell'avversario. (La situazione diviene più paradossale se si dice che l'altro ha già giocato e che la mossa fatta è stata scritta e chiusa in una busta. L'altro, a questo punto, non può più cambiarla. Dovrebbe essere così più facile capire che conviene comunque competere. E invece anche in questo caso la maggioranza delle persone decide di cooperare.) Se la rappresentazione dello scenario è complessa, noi costruiamo un modello semplificato e la strategia è guidata da questo modello.

Abbiamo descritto un esperimento in cui la teoria dei giochi ci permette ancora una volta di evidenziare i limiti della razionalità individuale dovuti alla difficoltà nel costruirsi rappresentazioni complete di problemi. La teoria dei giochi non è stata tuttavia utilizzata soltanto come una cartina al tornasole per studiare quanto gli individui si attengano a criteri di razionalità. Può venire applicata anche a organizzazioni, come le imprese, per analizzare le loro scelte competitive o cooperative. Può persino costituire uno strumento di comprensione dei rapporti tra Stati, ad esempio nelle scelte ambientali. Si tratta insomma di uno strumento analitico di cui dispongono le scienze cognitive per analizzare un qualsiasi sistema, reale o virtuale, che richieda scelte strategiche. Reale o virtuale nel senso che la teoria dei giochi permette anche l'invenzione di probabili ma immaginari scenari futuri che vengono analizzati nei termini: «Che cosa farò se l'altro si comporterà in un dato modo pensando che io...» e così via. Di qui il suo impiego non solo nel caso di collettività come le aziende, ma anche di eserciti e Stati.

3. Teoria dei giochi e ambiente

Proprio per mostrare le applicazioni della teoria dei giochi a sistemi sovraindividuali, proveremo qui a immaginare due paesi che trattano per decidere se affrontare un progetto comune di miglioramento ambientale (ad esempio, la riduzione delle emissioni di anidride carbonica: il caso è tratto dal manuale di Ignazio Musu cui rimando per gli approfondimenti).

Se nessun paese fa nulla, la situazione resta quella iniziale, con un beneficio zero per ciascun paese. Supponiamo che il beneficio per ciascun paese, se il programma viene attuato, sia di valore 3, mentre il costo del programma sia di valore 4. La situazione è analoga a quella di un dilemma del prigioniero: ciascun paese non realizzerà il progetto da solo perché i costi superano i benefici. Dato però che i benefici dell'intervento sono goduti in modo simultaneo e non esclusivo da entrambi i paesi, abbiamo a che fare con un «bene pubblico internazionale». Si scopre così che l'intervento è socialmente efficiente, perché la somma dei benefici

della produzione addizionale del bene pubblico è maggiore del costo di produzione. Se infatti la spesa viene divisa a metà, i paesi che cooperano nell'intervento pagano un costo di 2 per ottenere un beneficio di 3. Rileggiamo il tutto nell'ambito della seguente matrice dei benefici netti:

		B	
		C	*NC*
A	*C*	1,1	-1,3
	NC	3,-1	0,0

La matrice mostra che se entrambi i paesi cooperano (C/C), ciascuno realizza un beneficio netto di 1 e che se nessuno coopera (*NC*/*NC*) il beneficio netto è 0 per entrambi. Se un paese decide di cooperare e l'altro no, quello che decide di cooperare realizza da solo l'intervento e perdita (3-4 = -1), mentre il paese «opportunista» ottiene il beneficio netto di 3, dato che non paga il costo relativo. Ancora una volta, come nel dilemma del prigioniero, qualsiasi cosa faccio l'altro, conviene seguire la strategia *NC* (nella teoria dei giochi si dice che *NC* è la strategia dominante per entrambi i paesi). Il gioco è caratterizzato da quello che - in seguito al lavoro teorico di un professore geniale residente all'Università di Princeton (su cui sono stati scritti romanzi, data la sua vita stravagante) - viene detto equilibrio di Nash: l'equilibrio implica che il progetto non venga realizzato. La conclusione è interessante perché mostra come l'interazione strategica tra due paesi possa produrre un equilibrio che è diverso dal risultato socialmente efficiente (il che ricorda l'equilibrio del terrore ai tempi delle due superpotenze nucleari, Stati Uniti e Unione Sovietica). La strategia cooperativa non giunge a un equilibrio, dato che ciascuno dei due paesi avrà sempre la tentazione di godersi i benefici con un comportamento opportunistico. Se però esiste un'agenzia sovranazionale in grado di punire il paese che non partecipa al programma con una multa pari a 3, la matrice dei benefici netti diventa la seguente:

		B	
		C	*NC*
A	*C*	1,1	-1,0
	NC	0,-1	-3,-3

In questo caso, la strategia dominante diventa quella della cooperazione. Questa analisi evidenzia una sorta di «fallimento» della razionalità qualora ci si muova sulla base del calcolo costi/benefici, condotto dal punto di vista dei singoli paesi, in assenza di una autorità sovranazionale.

La teoria dei giochi offre un quadro teorico ricco e articolato che ci permette di analizzare la razionalità insita nell'adottare una strategia di comportamento in situazioni anche assai complesse. Ad esempio, quando le scelte non vengono fatte una sola volta ma vanno a formare una sequenza di mosse derivanti da decisioni che vengono prese una dopo l'altra dagli attori coinvolti. Proviamo, ad esempio, a immaginare due paesi, AeB, e due possibili progetti di intervento per migliorare l'ambiente comune a entrambi i paesi. I due progetti *PA tPB* sono alternativi, nel senso che o si realizza l'uno o si realizza l'altro. La cooperazione è necessaria per l'intervento, tuttavia il progetto *PA* favorisce di più il paese *A* e il progetto *PB* favorisce di più il paese *B*. I valori sono i seguenti: il costo del progetto è 20 (10 a testa), il valore del progetto *PA* è 15 per *A* e 12 per *B*, mentre il valore di *PB* è 15 per *B* e 12 per *A*.

Ora, se sia *A* che *B* realizzano *PA* con una spesa di 10 ciascuno, *A* avrà un beneficio netto pari a 5, mentre *B* avrà un beneficio netto pari a 2, quindi inferiore ad *A* ma tale da rendere comunque conveniente la cooperazione. Il risultato opposto si avrà qualora venga realizzato *PB*. Siccome i due progetti sono alternativi, se i due paesi si impegnano su due progetti diversi i benefici netti saranno uguale a 0 perché non si riuscirà a portare a termine nessuno dei due progetti. Ecco la matrice dei benefici netti che risulta da questo stato di

cose:

		B	
		PA	*PB*
A	*PA*	5,2*	0,0
	PB	0,0	2,5*

La matrice sopra descritta è caratterizzata da due equilibri di Nash, indicati con un asterisco, che sono entrambi cooperativi, ma sbilanciati nel senso che *A* preferirebbe collaborare per realizzare *PA*, mentre *B* preferirebbe *PB*. Che cosa succederà? Se introduciamo nell'analisi il tempo, scopriamo che chi decide per primo impone la scelta della strategia. Poniamo che la prima mossa sia del paese *A: A* sa che se lui adotta *PA* anche *B* sarà costretto a farlo, dato che se non lo adottasse il suo beneficio sarebbe nullo. In questa rappresentazione del gioco sotto forma di albero decisionale questa struttura emerge in modo chiaro:

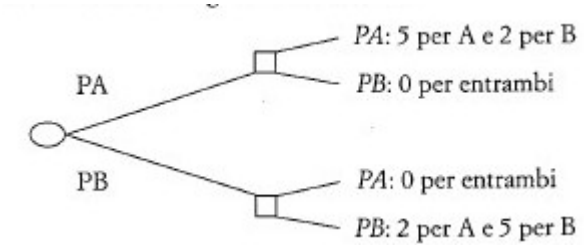


Fig. 3. Se la scelta iniziale (ovale) viene fatta da *A, A* sceglierà *PA* (ramo in alto) e *B* sarà costretto a scegliere anche lui *PA*> perché se scegliesse *PB* (ramo in basso) non otterrebbe nulla.

La teoria dei giochi permette di simulare molte altre situazioni e di prevedere, in funzione dei costi e dei benefici reciproci, le strategie che sarebbe razionale adottare dai giocatori nei vari scenari. Se la situazione è complessa, come spesso avviene nei casi concreti, il calcolo non è eseguibile su basi intuitive e soltanto una model-lizzazione della situazione ci permette di fare un'analisi razionale della situazione.

Gli esempi che abbiamo discusso dei possibili rapporti tra Stati in rapporto a politiche ambientali permettono di introdurre il dibattito politologico ispirato alla teoria dei giochi. Siamo sicuri che i rapporti tra Stati siano riconducibili agli esempi delle scelte ambientali, nel senso che uno Stato preferisce comunque ottenere un beneficio, anche se gli altri Stati, in corrispondenza al suo beneficio, ottengono un beneficio ancora maggiore?

Mancur Olson, in una serie di lavori che si ispiravano alla teoria dei giochi, aveva notato che «presi singolarmente, gli Stati del mondo sono per lo più razionali; presi insieme, costituiscono un sistema internazionale che è spesso irrazionale». E chiara, in questa citazione, l'allusione alle asimmetrie tra competizione e cooperazione insite nelle strategie derivanti da situazioni analoghe al dilemma del prigioniero. Proprio di fronte a situazioni di questo tipo la scuola istituzionalista, che si rifà a studiosi come Powell, introduce la cosiddetta «ombra del futuro», e cioè la consapevolezza che i rapporti tra gli Stati non si limitano a una sola mossa. Sarebbe quindi conveniente collaborare anche quando, sui tempi brevi, è più vantaggioso competere. Coloro che appartengono invece alla scuola realista, come Kenneth Waltz, introducono una diversa definizione dell'utilità che gli Stati intendono massimizzare. Per illustrare meglio questo punto proviamo a esaminare l'ultimo esempio relativo alla politica ambientale: in questo caso, gli Stati decidevano di cooperare a un progetto comune da cui entrambi traevano un beneficio. Tuttavia i due benefici non erano equivalenti: *A* otteneva più di *B* con *PA*, viceversa *B* otteneva di più con *PB*. Sembrerebbe quindi conveniente mettersi comunque d'accordo, come vorrebbero gli istituzionalisti, anche in assenza di un'autorità mondiale che ci costringa a farlo. Ma se passiamo dal tema della politica ambientale a quello dei

rapporti di potenza tra gli Stati, i realisti osservano che la minaccia alla sicurezza di uno Stato potrà provenire solo da un altro Stato. Di conseguenza, non si deve prendere in considerazione soltanto l'aumento delle proprie utilità: si può anche accettare di subire un danno, qualora il danno altrui sia maggiore. Nelle parole del realista Kenneth Waltz, gli Stati, quando interagiscono, non devono chiedersi: «ci guadagneremo entrambi?», bensì: «chi guadagnerà di più?». In tal caso le strategie adottate saranno ben diverse da quelle esaminate per la politica ambientale:

> Quando si troveranno di fronte alla possibilità di cooperare per un mutuo beneficio, Stati che si sentono insicuri devono chiedersi come quel beneficio verrà suddiviso [...] Se un beneficio atteso sarà diviso asimmetricamente, uno degli Stati potrebbe usare il suo beneficio sproporzionato per implementare una politica che danneggi o distrugga l'altro.

Ecco un modo per fondare la razionalità di entità sovraindividuali. Se gli Stati fossero «egoisti razionali», come gli uomini d'affari, penserebbero soltanto al loro tornaconto, inteso come incremento del loro benessere e delle loro risorse. In tal caso, sarebbe facile produrre accordi anche asimmetrici, ammesso che tutti i partecipanti all'accordo ne traggano comunque dei vantaggi, come avviene per l'appunto nella sfera delle scelte economiche. Gli Stati, invece, tendono ad adottare la razionalità del realista Waltz e si comportano come «posizionalisti difensivi». Ragionando così, anche se il vantaggio della mutua cooperazione è superiore a quello della mutua defezione, come nel dilemma del prigioniero, se il vantaggio di un giocatore è superiore a quello dell'altro (cfr. la differenza tra *PA* e *PB* per *A* e per *B* nell'esempio precedente), quest'ultimo preferirà lo *status quo* della mutua defezione a un possibile svantaggio relativo conseguente alla mutua cooperazione. In questo quadro, ad esempio, si può inquadrare la difficoltà di accettare i piani di pace in Medio Oriente. La teoria dei giochi sviluppa così un'intuizione di Rousseau nel suo *Giudizio sul progetto di pace perpetua* del 1759:

> I grandi vantaggi che devono derivare al commercio da una pace generale e perpetua sono di per sé sicuri e incontestabili, ma essendo comuni a tutti non saranno reali per nessuno, dal momento che simili vantaggi sono effettivi principalmente per le loro differenze.

Questa citazione è all'origine della scuola di pensiero politologico «realista». Tale scuola, il cui esponente più noto è - come si è detto - Waltz, ha sviluppato analiticamente e rigorosamente le conseguenze che derivano dalla nozione di vantaggi relativi presente originariamente in Rousseau. Semplificando, si tratta della razionalità del comportamento di un attore collettivo (un'organizzazione o uno Stato) che preferisce subire un danno qualora riesca a infliggerne uno maggiore agli avversari. Consideriamo, ad esempio, il tragico atto terroristico che ha abbattuto a New York le due torri del World Trade Center: la reazione militare americana si giustifica in chiave preventiva (rispetto a eventuali futuri atti terroristici). Infatti si proverà (non solo agli occhi degli attori coinvolti, ma di tutto il mondo) che l'atto terroristico era basato su un calcolo sbagliato qualora si fosse pensato che i danni inflitti fossero maggiori di quelli subiti in seguito alla rappresaglia. Ma a loro volta gli Stati Uniti devono collocare questo calcolo nell'ambito della razionalità strategica. Ad esempio, Arthur Schlesinger ha posto ai giornalisti, due settimane dopo la tragedia, queste domande retoriche («Il Sole-24 Ore», 23 settembre 2001):

> il presidente Bush si è chiesto qual è la prossima mossa che Bin Laden vorrebbe che gli Stati Uniti facessero? Quale risposta americana servirebbe meglio gli obiettivi del *cattivo?* E probabile che le perdite di vite civili non farebbero che incrementare l'odio, confermare agli occhi dei suoi seguaci attuali e potenziali la tesi di Bin Laden che vede nell'America il Demonio.

Negli ultimi anni le applicazioni della teoria dei giochi hanno innescato un vivace dibattito tra gli studiosi della politica. Ad esempio, è stato possibile mostrare che il freno agli accordi innescato dal ragionare in termini di vantaggi relativi agisce con più forza quando il numero dei giocatori è piccolo (al limite due: il mio guadagno è la tua perdita e viceversa). Per questo è importante il ruolo di mediazione degli Stati Uniti o dell'Europa nei conflitti regionali: eventuali svantaggi relativi sono recuperabili tramite accordi con il mediatore o con terzi. Inoltre, tali analisi mostrano che è cruciale l'asimmetria nelle dotazioni degli Stati, dato che i forti possono permettersi di ignorare piccoli svantaggi relativi che non mettono a repentaglio la loro supremazia. Si spiegano così anche le differenze nelle strategie da adottare per perseguire accordi su politiche economiche o ambientali rispetto a questioni militari. In questo secondo caso, gli accordi sono più ardui da raggiungere sia perché è più difficile misurare i benefici relativi degli attori interessati, sia perché gli accordi hanno un legame più diretto con la capacità di sopravvivenza degli Stati stessi (ancora una volta si pensi al conflitto medio-orientale).

4. *Scienze cognitive e modelli descrittivi complessi*

Nei paragrafi precedenti abbiamo cercato di mostrare come la teoria dei giochi offra un quadro analitico preciso per calcolare gli effetti delle interazioni strategiche tra individui, imprese e persino Stati.

Il ricorso a modelli può essere utile anche se si hanno semplici obiettivi di descrizione di fenomeni complessi (cfr. i modelli in architettura). Nel caso di modelli e prototipi (cfr. cap. IV), il modello ha lo scopo di evidenziare le proprietà emergenti. Di fronte a fenomeni complessi, il modello può avere semplice funzione di sintesi, riducendo a una mappa bidimensionale le posizioni relative di entità o eventi di per sé difficilmente confrontabili. Le dimensioni che definiscono questo piano corrispondono a dei modi di rappresentarsi un dato dominio. I modelli diventano modelli di modelli di modelli e così via.

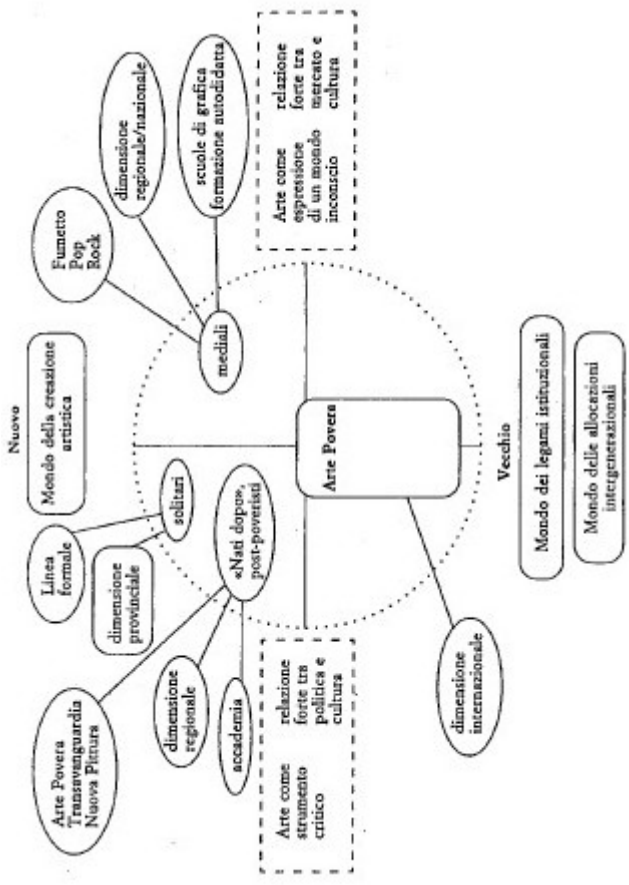
Vorrei qui illustrare un'applicazione non strategica (e pacifica) dei modelli, e cioè la rappresentazione degli spazi culturali tramite mappe bidimensionali. Il caso che illustrerò è tratto da una ricerca di Walter Santaga-ta, che ha studiato la situazione dell'arte contemporanea a Torino:

> Il gioco non è a due: artisti nuovi contro artisti vecchi, ma più complesso e coinvolge gallerie, collezionisti, speculatori, critici, operatori pubblici, direttori di musei, amministratori, politici ed il pubblico dei visitatori [...] L'insieme di queste relazioni è il tessuto del campo artistico che, come ogni struttura spaziale, è formato da macchie omogenee, aggregazioni intenzionali che definiscono gli assi che lo attraversano inducendo la dinamica dei conflitti.

Jean Clair, agli inizi degli anni Settanta, proponeva di utilizzare una dimensione di mappatura del campo dell'arte caratterizzata dall'opposizione tra un polo politico e uno estetico. La mappatura di Santagata è più complessa: il modello esprime non solo il modo in cui gli artisti rappresentano se stessi e il loro ambiente, ma anche le valutazioni di Santagata.

Santagata descrive il campo artistico torinese utilizzando un asse orizzontale (cfr. fig. 4) che vede da un lato gli artisti che hanno strette relazioni con il settore pubblico e dall'altro gli artisti che interpretano l'arte come un fenomeno personale, e sono quindi più orientati al mercato e al sistema delle gallerie private. L'asse verticale contrappone «nuovo» a «vecchio». E qualcosa di più di una consueta opposizione generazionale: «è anche opposizione di mondi di scambio. Le relazioni tipiche della comunità artistica, caratterizzate da senso di appartenenza, reciprocità e investimento in capitale simbolico, sono più sviluppate e connaturate agli inizi delle carriere artistiche».

Fig. *4*. Il campo artistico dell'arte contemporanea a Torino negli anni Novanta.



Non so se la figura 4 sia una fedele rappresentazione della sua ricerca e dei dati da lui raccolti. Essa costituisce tuttavia un ottimo esempio di come si possano costruire modelli di situazioni complesse che, a partire dalle rappresentazioni che gli artisti hanno di se stessi, finiscono per coinvolgere le istituzioni, i gruppi e persino i modi di concepire la creazione artistica.

Tutti i piani che abbiamo esaminato, uno per uno, nei capitoli precedenti, trovano negli esempi di questo capitolo una sintesi. L'entusiasmo per gli strumenti delle scienze cognitive va moderato, perché quanto più ci si allontana dalle metodologie sperimentali tanto più si corre il rischio di generalizzare e ipersemplificare realtà difficilmente riconducibili a modelli sintetici. Proprio questi casi complessi, tuttavia, esemplificano quei processi di confronto e integrazione di saperi che sono l'obiettivo delle scienze cognitive. Riprenderemo questo punto nelle Conclusioni.

Conclusioni

Le scienze cognitive non si riducono a un intreccio di scoperte e invenzioni. Le conoscenze acquisite, in particolare grazie alle neuroscienze e alla genetica, conducono a nuovi equilibri tra quanto è stato «fissato» dalla storia naturale e quanto può venire «interpretato» dalla storia culturale. I vincoli biologici, prodotti dall'evoluzione della specie, si riflettono nei vincoli cognitivi della mente umana. Ne emerge l'immagine di una razionalità fragile, fortemente vincolata dai limiti biologici del corpo e comunque assai meno plasmabile di quanto non si sia voluto credere (o sperare?) per buona parte del secolo scorso. Inoltre, essendo tali vincoli naturali, e quindi condivisi da tutti i membri della specie umana, si ridimensiona l'ambito delle differenze tra le culture su cui si basava il relativismo culturale. Il messaggio che dovrebbe risultare dalla diffusione di queste nuove conoscenze sull'uomo è un maggiore rispetto per un essere che non è plasmabile e modificabile da forze esterne, se non con i tempi plurimillenari della natura.

A fianco di questa riconsiderazione delle menti «naturali» abbiamo una loro sempre più pervasiva integrazione con sistemi artificiali. Via via che siamo stati capaci di capire come funzionano i «filtri» che sono alla base della limitata potenza delle menti naturali, siamo stati anche capaci di sviluppare artefatti «esterni», spesso collegati in rete, con funzioni di «estensione» delle nostre capacità di pensiero e comunicazione. I

singoli individui e le organizzazioni accedono a questa rete, arricchendosi e interagendo con una rapidità e invasività sconosciute in un passato anche recente. La stessa produzione artistica ha abbandonato i tradizionali compiti di riproduzione e simulazione, per imboccare la via delle sperimentazioni, delle reinterpretazioni, della creazioni di eventi in luogo di opere, anche sfruttando le opportunità offerte dall'impiego delle nuove tecnologie. Si pensi, ad esempio, alla produzione di opere sotto forma di video o a quei territori di confine in cui le opere degli «esperti» si confondono con quelle degli artisti. Ha osservato Angela Vettese sul «Sole-24 Ore» del 12 agosto 2001:

> per il momento, però, nessuna mappatura del Net realizzata da artisti è creativa quanto quelle compiute dai vari esperti. Per accorgersi di quali tentativi, errori e risultati visivamente buffi si possano ottenere nel nuovo campo della cybergeo-graphy basta dare un'occhiata al sito del Museo di Scienza e della tecnica di Milano (www.museoscienza.org/museovr/cybergeography): sembra di essere tornati al tempo di don Tomas Lopez [cartografo del XVIII secolo che cercò di dare al re di Spagna un'immagine del suo regno facendo fare mappe a centinaia di parroci], alle assurdità che precedono le carte veramente utili e quindi la possibilità, per gli artisti, di tradurle in un linguaggio visionario e ribaltarne il valore.

E difficile tracciare un quadro degli sviluppi futuri di queste linee di tendenza, anche se si inscrivono tutte nella multiforme idea di «modello» che abbiamo a lungo analizzato.

La commercializzazione e la promozione massiccia delle nuove tecnologie (cellulari e computer come nuovi elettrodomestici) stanno suscitando, per reazione, vivaci critiche alla presunta dipendenza da protesi cognitive esterne. Da un lato l'uomo sembra più libero di ro- muoversi in mondi artificiali e virtuali e di scegliere dai riti «menu» ciò che preferisce, dall'altro la sua libertà vie-el- ne denunciata come illusoria. I limiti cognitivi e attentivi dell'uomo, che non si sono modificati, non permettono infatti di sfruttare l'enorme flusso di informazioni contenuto in tali protesi. Inoltre, questo flusso è costruito e diffuso da agenzie sovranazionali largamente -re fuori dal controllo degli attori singoli e mosse da intenti. ti commerciali. Si temono così nuove forme di «omogeneizzazione», che non deriverebbero, come nel secolo scorso, dai tentativi di plasmare dall'alto nuovi individui, bensì da processi generati dal basso e quindi più insidiosi, proprio perché emergenti da un'apparente «li-[rt]i- bera» scelta degli individui.

Non c'è dubbio che gli strumenti e gli aiuti forniti da queste reti e sistemi artificiali siano ormai incorporati nei modi di vita delle élite dei paesi industrializzati. Se non se ne può più fare a meno, diventa cruciale il controllo consapevole sui contenuti di tali protesi e sui loro usi. Alla luce di tutto ciò, c'è chi - come Franco Cassano nel saggio *Modernizzare stanca* - suggerisce una diffidenza sistematica e, a sua volta, globale nel confronto di tale mondo «nuovo»:

il nucleo mitologico della nostra cultura, la trinità competizione-innovazione-progresso, non può essere mai messo in discussione. Compito dei chierici è quello di proteggere dagli attacchi quel nucleo mitologico dirottando verso altre cause la spiegazione dei problemi [...] l'errore sta probabilmente nelle prime mosse che abbiamo fatto, al momento dell'ingresso nel grande gioco della modernità. Noi allora abbiamo scelto Cartesio invece di Montaigne, la via del controllo razionale e tecnologico del mondo invece di quella della saggezza, di quel sapere che non si è mai proposto di esorcizzare il limite, ma ha continuamente dialogato con esso.

Le scienze cognitive avallano una visione così «mitologica» della trinità denunciata da Franco Cassano? A me non sembra. La competizione è una delle conseguenze dell[1] accettazione dei limiti della razionalità umana, dell'impossibilità di varare grandi progetti «in avanti». Accettarla è quindi un atto non di orgoglio ma di umiltà, anche se non viene sempre presentato come tale. Così come la selezione naturale è guidata da «errori» nella replicazione, la selezione «artificiale» indotta dalla competizione è il minore dei mali possibili data la miopia della razionalità vincolata. Le nozioni di innovazione e progresso sono state, a loro volta, svuotate dai trionfalismi del secolo scorso. Proprio le scienze cognitive ci hanno mostrato come i saperi scientifici, in generale, non possano gloriarsi della scoperta di verità definitive. Non abbiamo costruito una montagna di splendide certezze, ma soltanto cumuli di rifiuti, costituiti dal progressivo incremento delle ipotesi sul funzionamento del mondo che sappiamo essere false.

Nelle divulgazioni «alla moda» dei saperi biologici affiora talvolta la tendenza a compiere quello che, dal punto di vista delle scienze cognitive, è un errore più insidioso. Mi riferisco alla nozione di «primato» della

razionalità umana. Essendo ormai improponibile l'idea di progresso imperniata sui processi di industrializzazione, si tenta di ritrovare un primato dell'umano nell'ottica della divulgazione delle tesi neo-darwiniste. Come ha lucidamente puntualizzato Giorgio Vallortigara, un attento psicologo comparato:

> Il punto di vista tradizionale sulla cognizione e la sua evoluzione era basato sull'idea che le specie potessero essere disposte in ordine di rango su una scala filogenetica, dalle più semplici alle più complesse e che, parallelamente, la cognizione animale potesse essere descritta come una gerarchia di processi, alcuni dei quali sarebbero stati comuni a tutte le specie mentre altri confinati a poche specie [...] questo punto di vista, sebbene ancora intuitivamente convincente per molti psicologi umani, non ha alcuna base empirica.

In effetti, pur accettando Darwin, non tutti traggono le conclusioni corrette dall'idea dell'albero darwiniano, che non ha una cima su cui è appollaiato l'uomo. Al contrario, ai suoi apici, giacciono *tutte* le specie attualmente viventi, *tutte* ugualmente *evolute* e tra loro più o meno affini. Le differenze sono attribuibili al fatto che esse si sono evolute in ambienti o, meglio, in nicchie ecologiche diverse, e quindi hanno sviluppato meccanismi diversi (ma non superiori o inferiori) per risolvere al meglio i problemi presentati dall'ambiente. L'uomo, a differenza delle altre specie, ha creato più artefatti per adattare l'ambiente a se stesso oltre che se stesso all'ambiente. Di qui l'origine delle applicazioni tecnologiche delle stesse scienze cognitive. Questa ottica non ci autorizza a parlare di «progresso», un'idea ottocentesca priva di basi scientifiche. Se vogliamo riassumere in una frase le conclusioni che si possono trarre da *Armi, acciaio e malattie* di Jared Diamond, possiamo dire: «i destini dei popoli sono stati così diversi a causa delie differenze ambientali, non biologiche, tra i popoli medesimi». E tuttavia comprensibile che Tunica strategia rimastaci per affermare il primato dell'uomo consista nel temere, e quindi, nel rendere reale, tramite la critica, la triade competizione-innovazione-progresso. Essa svolge una sorta di compensazione, di risarcimento, rispetto alla deludente accettazione dell'uomo come «entità naturale» generata da «errori» nei processi di replicazione. Se effettivamente la nostra scelta per Cartesio fosse approdata a un controllo razionale e tecnologico del mondo, oggi non avremmo bisogno di ricorrere alla progettazione alla rovescia. Tutto il nostro mondo sarebbe l'esito di sempre più diffuse progettazioni in avanti e si sarebbe sbarazzato il campo dai problemi mal definiti. Il timore della «trinità» è probabilmente una deriva degli orgogliosi sistemi di osservazione del secolo scorso.

Le scienze cognitive, oggi, rendono arduo superare lo stupore, quello di Cartesio, trovando - come fece lui -un punto di partenza e di riferimento nella certezza del nostro io pensante. Questo non è più possibile nemmeno se cerchiamo di sottrarre a questo io, come fece Freud, un «inconscio emozionale» nell'ambito di una concezione della mente umana basata sulla nozione di «energia». E ormai saltata la nozione di coscienza propria del senso comune, anche se essa resta un caposaldo della psicologia ingenua della vita quotidiana. Le ricerche degli scienziati cognitivi hanno contribuito a frammentare la coscienza in una miriade di meccanismi che a noi sono celati tanto quanto lo è la struttura della materia del mondo che ci circonda. Non abbiamo un accesso spontaneo e diretto neppure a ciò che governa i singoli e più comuni atti quotidiani: vedere, comunicare, pensare. Di fronte a tanta impotenza ci si rifugia spesso o nelle speranze (infondate) di un controllo razionale e tecnologico, oppure nelle denunce (altrettanto infondate) di tale razionalità in contrapposizione a un'utopica «razionalità sostanziale». Ma gli stessi strumenti della razionalità strumentale si sono rivelati incerti, fragili, limitati, locali. Persino gli economisti, strenui difensori della razionalità del giudizio e del comportamento umano, presentano oggi i principi alla base della razionalità delle scelte come «approssimazione» fondativa più che come descrizione degli effettivi comportamenti. Spesso la via d'uscita dell'economia e della sociologia consiste nel rifugiarsi nella nozione salvifica di «aggregazione delle scelte». Ma, anche in tal caso, è innegabile il ruolo giocato da nozioni psicologiche come quella di «aspettativa». Al punto che possiamo rintracciare in un grande economista come Keynes l'origine di questa deriva cognitiva quando scrive, in occasione della crisi degli anni Trenta:

> Se la nostra povertà fosse dovuta alla carestia, a un terremoto o alla guerra, se non avessimo le cose materiali e le risorse per produrle, non ci potremmo aspettare di trovare altro modo per raggiungere la prosperità se non attraverso il duro lavoro, il sacrificio e l'inventiva. Ma come tutti sanno, la nostra situazione è d'altro genere. Viene da una certa inefficienza nei meccanismi della mente, dal cattivo funzionamento dei motivi che dovrebbero condurre alle decisioni e agli atti di volontà necessari a mettere in moto le risorse e i mezzi tecnici di cui disponiamo.

Queste parole profetiche anticipano il lavoro degli scienziati cognitivi sui vincoli della razionalità. Abbiamo visto come il ricorso alla progettazione alla rovescia sia d'obbligo in tutti i casi in cui il progetto originario è andato perso o, addirittura, non è mai esistito, come nel caso delle entità prodotte dalla selezione naturale. Possiamo solo andare a ritroso di fronte a miriadi di problemi mal definiti che dobbiamo sciogliere per comprendere il sistema visivo, la capacità di comunicare e pensare, le idee alla base di artefatti artistici. In questa prospettiva non c'è separazione metodologica tra saperi scientifici e saperi dell' arte, come voleva il

mito delle «due culture», caro ai letterati e agli scienziati positivisti.

Consideriamo di nuovo il punto di vista di Franco Cassano, che esprime altre critiche oggi ricorrenti:

> Nella nostra cultura non c'è più nulla che aiuti a subire un limite e, quando urtiamo brutalmente contro di esso, inizia subito la caccia al responsabile: dietro ogni morte c'è una prevaricazione o una negligenza, una norma disattesa o un inaccettabile limite normativo [...] questo modo di procedere è del resto coerente con il mondo della tecnica e della ragione: esso ha bisogno ogni volta, per poter funzionare, di esorcizzare J esperienza del «grande» limite miniaturizzandolo in tante raccomandazioni tecniche.

Uno scienziato cognitivo non può che concordare se il «grande» limite è quello posto dall'evoluzione della specie. Ma non sono così sicuro che qui si alluda al mondo della tecnica e della ragione nei modi in cui ne parlano le scienze cognitive. Esse ci mostrano l'azione del caso, quando ci raccontano l'evoluzione della specie umana come risultato di adattamenti resi possibili da «errori» nelle repliche. Ci mostrano i limiti della razionalità umana quando analizzano il funzionamento della nostra mente, limiti invalicabili perché di origine biologica. Ci mostrano la fragilità delle grandi illusioni del secolo scorso, basate sui tentativi di padroneggiare e plasmare i meccanismi della mente umana per progettare un «uomo nuovo».

Il metodo della progettazione alla rovescia si rende necessario proprio in situazioni in cui è forte e spontanea la tendenza ad attribuire autonomia e potenza ad artefatti o entità ideali da noi stessi creati. Così come in passato preferivamo non avventurarci in una sorta di empio percorso a ritroso per progettare a rovescio le divinità, disvelandone così la fonte, oggi cediamo alla benefica tentazione di creare altre fratture tra la fase di progettazione e la fase di costruzione degli artefatti umani. Solo grazie all'illusione di questa frattura alcuni artefatti ci appaiono efficaci nella loro azione di ri-creazione. Come ha già osservato Elaine Scarry:

> un dio può svolgere molto meglio l'attività di ricreare il suo popolo se la sua capacità di ricrearlo non viene riconosciuta come una semplice estensione delle azioni proiettive umane - se cioè quel dio non viene identificato come una finzione o come un oggetto artificiale.

Quello del divino è un caso limite. Ma in molti altri casi può essere comunque «adattivo» separare la fase dell'ideazione da quella della costruzione, e dimenticarsi poi chi è stato all'origine della prima fase. Solo l'arte è completamente esente da questa operazione di cancellazione: «quando l'*Ode all'autunno* agisce su di noi, sappiamo che ad agire su di noi è davvero John Keats, mentre quando ali arrivo dell'autunno i nostri cappotti iniziano ad agire su di noi» - ci dice la Scarry, che vive a Harvard, in ambienti non «invasi» dalla moda - è un fabbricante di cappotti a riscaldarci con il suo caritatevole lavoro anonimo. Benché la questione della firma sia assai complessa, si può dire in generale che nel momento in cui un artefatto esplica la sua azione di reciprocità (cioè il cappotto ci scalda e ci protegge) la nostra consapevolezza dei-Tatto proiettivo cronologicamente anteriore a essa (la consapevolezza della nostra progettazione e successiva creazione di quell'entità) varia: e questa «variabilità» dipende dallo scopo per cui è stato inventato.

Capita spesso che anche i concetti «terreni»,- che utilizziamo per interpretare il sociale, vengano creati con uno scopo che «richiede» che essi non vengano riconosciuti come una nostra creazione. Consideriamo, nelle parole del pensatore marxista Lukàcs, tratte dalla celebre *Storia e coscienza di classe*, un esempio classico di questo modo di procedere: «la coscienza di classe non è la coscienza psicologica dei singoli proletari oppure la coscienza [...] della loro totalità, ma il senso divenuto cosciente della situazione storica della classe».

Come definire esattamente questa coscienza?, si domanda Moscovici in un saggio dal titolo emblematico: *La fabbrica degli dei*. Essa deve al tempo stesso avere una qualche realtà e situarsi al di là degli individui e delle masse, come se si svolgesse in parallelo una storia delle classi indipendentemente dalle classi che pure fanno la storia - commenta lo stesso Moscovici. Ma questa coscienza che determina l'esistenza a chi appartiene? Ancora una volta, se vogliamo che «assolva Io scopo per cui è stata inventata», dobbiamo scindere la sua presunta azione da colui che Pha inventata e proiettata nella storia allo scopo di reinterpretare i rapporti economici della società capitalistica. Una analisi basata sulla progettazione alla rovescia svuoterebbe infatti questa nozione delle funzioni per cui è stata fabbricata.

Possiamo concludere dicendo che le scienze cognitive si sono assunte il compito, con le parole di Scarry, di rintracciare le «firme». Se accettiamo che la mente e il corpo umani siano il prodotto dell'evoluzione naturale, la firma ultima delle nostre capacità creative non è una divinità o la storia ma il «caso». A questa «assenza di firma» si contrappone il mondo dell'arte, regno incontrastato di «firme» che ci ricreano.

Riferimenti e approfondimenti bibliografici

Premessa e capitolo I

Per quanto concerne il rapporto tra «natura» e «cultura» e, più in generale, l'influenza delle scienze cognitive sulla filosofia, rimando a D. Marconi, *Filosofia e scienza cognitiva*, Laterza, Roma-Bari 2001. Le citazioni da questo autore presenti nella Premessa e nel capitolo I sono tratte da questo libro.

Il libro di D. Mainardi a cui rimando per i rapporti tra biologia e razionalità è *L animale irrazionale*, Mondadori, Milano 2001.

Per quanto riguarda la biologia rimando alla esemplare *Prima lezione* di E. Boncinelli (Laterza, Roma-Bari 2001), mentre per quanto riguarda la psicologia sono ottime le *Prime lezioni di psicologia* di G.Jervis (Laterza, Roma-Bari 1999).

Il libro di S. Pinker, *How the Mind Works*, Norton, New York 1997 [trad. it., Mondadori, Milano 1999] spiega in dettaglio come si applica alle scienze cognitive il *reverse engineering.*

Un recente manuale italiano attento al versante dell'intelligenza artificiale è quello di E. Pessa e M.P. Penna, *Manuale di scienza cognitiva. Intelligenza artificiale classica e psicologia cognitiva*, Laterza, Roma-Bari 2000.

Per la simulazione della mente e i temi, qui non toccati, della vita artificiale rimando a due libri di D. Parisi: *La mente* e *La simulazione*, Il Mulino, Bologna 1999 e 2001.

Sempre presso l'editore II Mulino di Bologna è uscito nel 2002, a cura di A. Borghi e T. Iachini, la raccolta *Scienze della mente*$_y$ che tocca i temi del rapporto tra scienze cognitive ed evoluzione.

Capitolo II

Gli esempi sulla produzione cognitiva di oggetti d'arte sono tratti da un saggio di M. Massironi, *L'osteria dei dadi truccati: arte, psicologia e dintorni*, Il Mulino, Bologna 2000 e dai due classici di R. Arnheim, *Il pensiero visuale*, Einaudi, Torino 1974 e *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano 1983.

Per il rapporto tra natura e cultura nella visione rimando alla *Enciclopedia delle scienze cognitive* curata da R. Wilson e E Keil (MIT Press, Cambridge, Mass., 1999) e a G. Kanizsa, *Grammatica delvedere*$_y$ II Mulino, Bologna 1980.

Capitolo III

Gli esempi sono tratti dalla citata *Enciclopedia delle scienze cognitive* del MIT e da *Invitation to Cognitive Science*, voi. III, *Thinkingy* a cura di E.E. Smith e D.N. Osherson, e pubblicata sempre dal MIT (Cambridge, Mass., 1995), cui rimando anche per il tema della soluzione di problemi (cfr. anche il recente *Manuale di psicologia generale*, a cura di L. Anolli e P. Legrenzi, Il Mulino, Bologna 2001, da cui è tratto l'esperimento di Sperling, l'esempio dei treni e la parte sui modelli mentali). La figura 1 è tratta dal saggio di D.E. Rumelhart, G.E. Hinton, J.L. McClelland, *The Appeal of Parallel Distri-buted Processing,* in D.E. Rumelhart, J.L. McClelland (a cura di), *Parallel Distributed Processing: Exploration in Micro-structure of Cognition*, voi. I, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1986 (trad. it., Il Mulino, Bologna 1991).

Per i riferimenti alla storia della tecnologia rimando a H. Petroski, *The Evolution of Useful Things*, Vintage Books, New York 1992 e alla raccolta di saggi curata da W.E. Bijker, Th.P Hughes e T.J. Pinch, *The Social Construction ofTech-nological Systems*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1987. Le opere di Herbert Simon sono state tradotte dalla casa editrice Il Mulino.

Il libro citato di J. Diamond è *Armi, acciaio e malattie: breve storia del mondo negli ultimi tredicimila anni*, Einaudi, Torino 2000.

Capitolo IV

Una introduzione generale ai modelli è contenuta nel corso di G.S. Holister dal titolo *The Man-made World*, Open University Press, Bletchley-Milton Keynes 1972 [trad. it., Mondadori, Milano 1979].

Per una introduzione a Marr e alla visione rimando a P.N. Johnson-Laird, *The Computer and the Mind*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1988 [trad. it., Il Mulino, Bologna 1998], che contiene anche l'analisi della creatività scientifica e artistica che viene qui confrontata con il punto di vista di H. Bloom, *L'angoscia dell'influenza,* Feltrinelli, Milano 1983.

La più breve e chiara introduzione alla scienza cognitiva - esposta per aree disciplinari (e non per problemi, come qui) -resta, a mio avviso, P. Tabossi, *Intelligenza naturale e intelligenza artificiale*, Il Mulino, Bologna 1988, mentre per i rapporti con la psicologia si consultino le già citate *Prime lezioni di psicologia* di Jervis.

Capitolo V

Le problematiche dell'attenzione e della coscienza sono trattate in E Crick, *The Astonishing Hypothesis*, Scribner, New York 1994. La generazione grafica di alfabeti è in D. Hof-stadter, *Fluid Concepts and Creative Analogies*, Basic Books, New York 1995 . Il libro di S.E. Rasmussen è *ExperiencingAr-chitecture*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1989.

Capitolo VI

L'illusione di Mach-Eden, in rapporto all'interpretazione dell'ambiguità (anche nelle organizzazioni) è discussa in K. Weick, *Organizzare*, ISEDI, Milano 1993. Per le citazioni e le figure di Tomaso Poggio rimando al voi. II del già citato *In-vitation to Cognitive Science* e all'articolo dello stesso Poggio e A. Hulbert, *Rendere le macchine (e l'Intelligenza Artificiale) in grado di vedere*, in «Sistemi Intelligenti», 1989.

Capitolo VII

Le problematiche del capitolo vengono approfondite nei due libri che ho pubblicato con Laterza: *Come funziona la mente* (1999) e *Psicologia cognitiva applicata* (2001).

Capitolo VIII e Conclusioni

I riferimenti a Vallortigara e alle menti come collezioni di specializzazioni adattive sono in G. Vallortigara, L. Tommasi,

V.A. Sovrano, *La cognizione animale*, in «Giornale Italiano di Psicologia», 1, 2001.

Per la teoria dei giochi rimando ai miei libri già citati e a I. Musu, *Introduzione all'economia dell'ambiente*, Il Mulino, Bologna 2000; F. Andreatta, M. Koenig-Archibugi, *Loriz-zonte della cooperazione*, in «Rivista Italiana di Scienza Politica», 2, 2001. Il testo classico è M. Olson, *La logica dell'azione collettiva*, Feltrinelli, Milano 1983. Per le mappe sui campi artistici cfr. W. Santagata, *Simbolo e Merce*, Il Mulino, Bologna 1998.

Per approfondire i rapporti sul tema della creazione e la «firma» rimando a E. Scarry, *La sofferenza del corpo: la distruzione e la costruzione del mondo*, Il Mulino, Bologna 1990 e a S. Moscovici, *La fabbrica degli dei*, Il Mulino, Bologna 1991.